

# “MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN AVES SILVESTRES Y MURCIÉLAGOS”

---

Propuesta Técnica

Elaborado por Gonzalo González Rivera por encargo del SAG  
Agosto 2014

**El presente producto fue elaborado por el siguiente equipo de consultores:**

**Gonzalo González Rivera**

Médico Veterinario

Especialista en Fauna Silvestre

TRICAO CGF

**Gonzalo Ossa Gómez**

Ingeniero Agrónomo

Magíster Ecología, Biodiversidad y Evolución MNHN Paris

**Lorena Sánchez Reyes**

Médico Veterinario

Magister en Conservación de la Biodiversidad y Ecotoxicología

Diplomada en Etología Clínica y Bienestar Animal

**Rodrigo Silva Caballero**

Licenciado en Medicina Veterinaria

Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza ©

## ÍNDICE

<b>PRESENTACIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>5</b>
<b>I. DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS</b> .....	<b>6</b>
1. DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS.....	6
1.1. PROYECTOS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA .....	6
AVES .....	6
1.1.1. IMPACTO COLISIÓN.....	7
1.1.2. IMPACTO ELECTROCUCIÓN.....	12
1.1.3. ELECTROMAGNETISMO .....	14
MURCIÉLAGOS.....	15
1.2. PROYECTOS DE GENERACIÓN EÓLICA .....	15
AVES .....	15
1.2.1. IMPACTO COLISIÓN.....	16
MURCIÉLAGOS.....	18
1.2.2. IMPACTO COLISIÓN-BAROTRAUMA .....	18
2. EVALUACIÓN DE IMPACTOS .....	20
2.1. ASPECTOS GENERALES DE LA EVALUACIÓN .....	21
2.2. VALOR AMBIENTAL.....	22
2.3. MAGNITUD DEL IMPACTO.....	25
3. RELEVANCIA DE IMPACTOS .....	26
<b>II. MITIGACIÓN DE IMPACTOS</b> .....	<b>28</b>
1. PROYECTOS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA .....	28
AVES .....	29
1.1. IMPACTO COLISIÓN .....	29
USO DE DISUASORES DE VUELO O SALVAPÁJAROS .....	29
1.2. IMPACTO ELECTROCUCIÓN .....	35
IMPLEMENTACIÓN DE DISTANCIAS DE SEGURIDAD .....	36
2. PROYECTOS DE GENERACIÓN EÓLICA .....	39
AVES .....	39
2.1. IMPACTO COLISIÓN.....	39
DETENCIÓN PROGRAMADA DE TURBINAS PROBLEMÁTICAS .....	39
USO DE LUCES DE NAVEGACIÓN .....	41
REMOCIÓN DE CARCASAS .....	42
MURCIÉLAGOS.....	43
2.2. IMPACTO COLISIÓN-BAROTRAUMA.....	43

AUMENTO DE LA VELOCIDAD DE ARRANQUE .....	43
3. MEDIDAS DE MITIGACIÓN NO RECOMENDADAS .....	46
3.1. PROYECTOS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA .....	46
AVES .....	46
3.1.1. IMPACTO ELECTROCUCIÓN.....	46
DISUASORES DE POSADA O GUARDAPERCHAS.....	46
PERCHAS ALTERNATIVAS Y PLATAFORMAS DE ANIDACIÓN .....	48
3.1.2. IMPACTO COLISIÓN.....	49
PLANTACIÓN DE PANTALLAS VEGETALES.....	49
3.2. PROYECTOS DE GENERACIÓN EÓLICA .....	50
AVES .....	50
3.2.1. IMPACTO COLISIÓN.....	50
PINTADO DE ASPAS.....	50
MODIFICACIÓN DE HÁBITAT .....	51
DISUASORES DE SONIDO.....	52
PLANES DE CONTINGENCIA .....	52
MURCIÉLAGOS.....	53
3.2.2. IMPACTO COLISIÓN.....	53
EMISORES DE SONIDO DE BAJA FRECUENCIA.....	53
<b>III. SEGUIMIENTO .....</b>	<b>54</b>
1. EVALUACIÓN DE MORTALIDAD MEDIANTE BÚSQUEDA DE CARCASAS.....	55
1.1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO.....	55
1.2. PROYECTOS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA.....	56
1.3. PROYECTOS EÓLICOS.....	57
1.4. REGISTRO DE INFORMACIÓN .....	58
1.5. EFICIENCIA DE BÚSQUEDA Y REMOCIÓN POR CARROÑEROS.....	60
1.6. METODOLOGÍA PARA ESTIMAR MORTALIDAD REAL DE AVES Y MURCIÉLAGOS.....	60
<b>IV. GLOSARIO.....</b>	<b>66</b>
<b>V. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....</b>	<b>71</b>
1. DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS.....	71
2. MITIGACIÓN DE IMPACTOS .....	76
3. SEGUIMIENTO .....	81

## PRESENTACIÓN

En el marco del “Convenio de transferencia de recursos entre la Subsecretaría de Energía y el Servicio Agrícola y Ganadero”, para la realización de estudios que permitan identificar medidas de mitigación de impactos de los proyectos de líneas de transmisión de energía y de generación de energía eólica sobre aves silvestres y murciélagos, el SAG contrató la consultoría “Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos”, la cual comprende los siguientes Productos:

- Producto I: “Sistematización de información nacional e internacional”.
- Producto II: “Análisis de la información nacional e internacional sistematizada”.
- Producto III: “Propuesta técnica”.
- Producto IV: “Taller de expertos”.
- Producto V: “Seminario”.

El Producto III: Propuesta técnica, corresponde al presente documento, y tiene por objetivo presentar la propuesta del equipo consultor para abordar los impactos colisión, electrocución y electromagnetismo, generados por proyectos de transmisión eléctrica y generación eólica, específicamente en lo relativo a:

- Metodología para evaluar los impactos.
- Soluciones técnicas en el diseño y de medidas de mitigación de impactos.
- Plan de seguimiento y/o monitoreo.

El alcance de la presente propuesta dice relación con el tamaño de los proyectos que se someten al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, es decir líneas de transmisión sobre 23 kV y centrales generadoras de energía sobre 3 MW. En este contexto, es necesario señalar expresamente, que los proyectos de generación eólica, evaluados en el marco del SEIA y que formaron parte del análisis para la Propuesta, comprenden proyectos de gran envergadura por sobre los 800 kW.

## RESUMEN EJECUTIVO

La presente Propuesta técnica es el producto final de la consultoría “Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos”, el cual ha sido formulado en base a los resultados de los productos anteriores, así como de los aportes, observaciones y sugerencias obtenidas del Taller de discusión y validación de la propuesta preliminar.

El apartado “Descripción y Evaluación de impactos” presenta una descripción general de los impactos ocasionados por líneas de transmisión y parques eólicos; y lineamientos para la consideración de estos en metodologías específicas de evaluación de impacto ambiental, las cuales no son tratadas en detalle. Para líneas de transmisión se abordan los impactos Colisión, Electrocutión y Electromagnetismo, mientras que para proyectos eólicos se abordan los impactos Colisión y barotrauma. La ocurrencia de cada uno de estos impactos estará determinada por la interacción de factores biológicos, ambientales y estructurales, los cuales se detallan para cada impacto.

El título “Medidas de mitigación” presenta las acciones recomendadas para evitar o disminuir la ocurrencia de los impactos antes descritos; ordenadas por tipo de proyecto, impacto que da origen a la medida y grupo taxonómico sobre el cual surten efecto (aves o murciélagos). Cada medida es acompañada por figuras y tablas orientadas a facilitar su implementación. De manera complementaria, se presenta un apartado con acciones y medidas que, habiendo sido identificadas en la recopilación previa, no son recomendadas por los motivos que se detallan en cada caso.

El apartado “Seguimiento” presenta los métodos propuestos para verificar que las variables ambientales evaluadas evolucionan según lo previsto; a la vez que se entregan indicaciones metodológicas para su ejecución. A través de la correcta implementación de los planes de seguimiento, será posible evaluar la eficacia de las medidas de mitigación adoptadas.

Finalmente, con el objetivo de facilitar el entendimiento de este documento y favorecer la profundización en el conocimiento de las materias tratadas, se incluye un Glosario de términos científicos y técnicos, además de un listado con la Bibliografía consultada.

## I. DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS

### 1. DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS

Los impactos abordados en la presente propuesta pueden ser clasificados según el tipo de proyecto que los genera. Los proyectos de transmisión ocasionan los impactos de colisión y electrocución (03, 11, 17, 24, 33), los cuales en Chile afectan exclusivamente al grupo de las aves. Por su parte, los parques eólicos, a través de la mortalidad de ejemplares por colisión, generan un impacto que afecta tanto a aves como a murciélagos (01, 05, 14, 16, 22, 25, 32, 36, 42, 43), siendo estos últimos también afectados por barotrauma (09, 14, 18).

Aunque, en términos globales, estos impactos no parecieran corresponder a una causa prioritaria de amenaza, sus efectos sí podrían cobrar relevancia en poblaciones locales, especies amenazadas, de lenta reproducción y propensas a manifestar los impactos (17, 20, 33, 236).

En general, los impactos registrados en Chile se alinean con la experiencia internacional, en cuanto a las especies y tipo de estructuras involucradas en su ocurrencia; sin embargo, su magnitud no guarda relación con lo observado en el extranjero. Esto aparentemente no se explicaría por una menor ocurrencia de dichos impactos en Chile, sino por una baja tasa de detección y reporte, sustentada en métodos inadecuados de seguimiento y canales ineficientes de comunicación.

La manifestación de los impactos dependerá principalmente de la interacción de variables que pueden ser agrupadas en: biológicas, estructurales y ambientales. Tales variables se presentarán de formas diversas, dependiendo del tipo de proyecto y su lugar de emplazamiento.

#### 1.1. PROYECTOS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA

##### AVES

Los impactos ocasionados por líneas de transmisión eléctrica sobre aves son, principalmente, la electrocución y la colisión (03, 11, 17, 24, 33), aunque también se describen impactos como la pérdida de hábitat (17), la introducción de especies invasoras (17), el electromagnetismo (231) y la generación de corredores con incidencia en fragmentación de hábitat (11, 17).

No obstante lo anterior, para efectos de los objetivos del presente estudio, se considerará únicamente los impactos directos ocasionados por líneas eléctricas, excluyéndose aquellos que son más bien comunes a los proyectos de desarrollo y, en particular, a los de tipo lineal (226).

### 1.1.1. Impacto colisión

La colisión consiste en el encuentro físico de un ave y una línea de eléctrica, situación que suele devenir en la muerte del ejemplar. Las colisiones ocurren más frecuentemente contra líneas de tensión mayor o igual a 110kV (24, 31), cuyas características estructurales favorecen la ocurrencia del impacto. No obstante, también pueden ocurrir en líneas de menor voltaje (56, 58).

Las colisiones suelen ser menos documentadas que las electrocuciones, debido a que no conllevan interrupciones en el suministro eléctrico y a que sus signos no se encuentran bajo los postes, como sí ocurre en la electrocución (39). En su ocurrencia existen diversos factores involucrados:

#### Factores biológicos

- Morfología alar: Aquellas especies de vuelo poco maniobrable (alta carga alar y baja relación de aspecto) tienen una menor capacidad de esquivar estructuras fijas como cables (Figura 1). Estas especies pertenecen generalmente a las familias Anatidae, Ardeidae, Cathartidae, Laridae, Pelecanidae, Phalacrocoracidae, Rallidae, Strigidae y Tinamidae (03, 06, 11, 17, 24, 29, 30, 33, 37). Los reportes existentes para Chile, aunque escasos, siguen la misma tendencia general, habiéndose reportado colisiones en Anatidae, Ardeidae, Cathartidae, Columbidae y Laridae (56, 58).

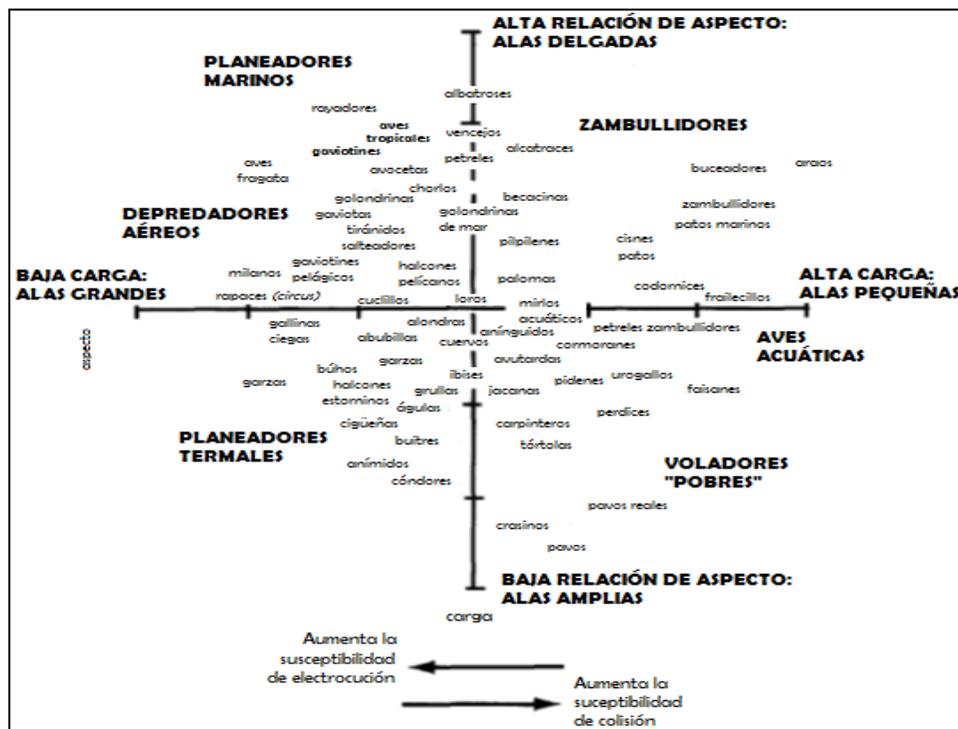
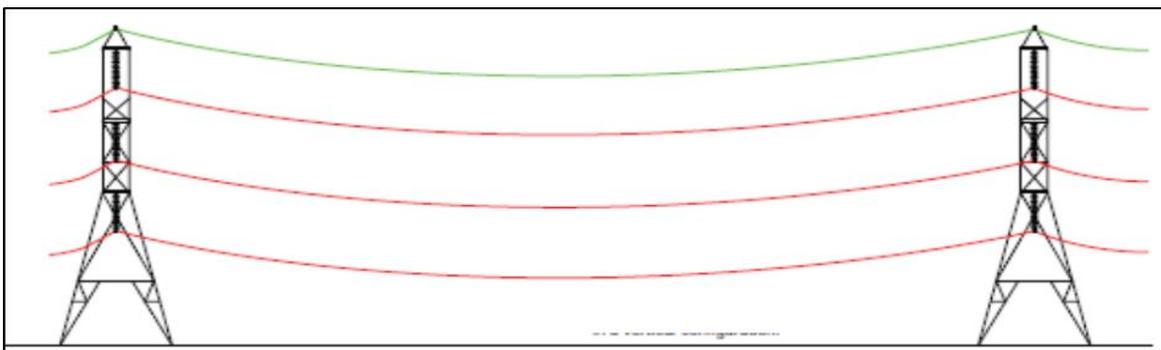


Figura 1: Susceptibilidad de colisión-electrocución para familias en base a morfología alar. Fuente: Modificado de 11.

- Comportamiento: Las especies que realizan vuelos nocturnos o que suelen volar en bandadas tienen una mayor probabilidad de colisionar. Lo mismo ocurre cuando existe gran cantidad de individuos juveniles en los alrededores de una línea. Por ejemplo, algunos miembros de Scolopacidae vuelan de noche, en bandadas (11, 17, 30, 33, 39).

#### Factores estructurales

- Cable de guardia: La mayoría de las colisiones ocurre con el cable de guardia, siendo el riesgo mayor en la medida que dicho cable está presente y es más delgado y por ende, menos visible. Diámetros inferiores a 20mm serían particularmente riesgosos (24, 29, 30, 33, 35, 205, 227, 229) (Figura 2).



**Figura 2: El cable de guardia es el superior, de color verde. Es más delgado y menos visible que los conductores, además de ser el más expuesto. Fuente: Modificado de 229.**

- Largo del vano: La probabilidad de colisión está relacionada con el largo promedio de los vanos de un tendido, siendo mayor cuanto más larga es la distancia promedio entre torres. Esto ocurriría porque las torres son objetos muy visibles, que actuarían alertando a las aves de la existencia de un obstáculo, lo que las forzaría a volar por los sectores intermedios del vano; es decir los más alejados de las torres (24).

- Altura del tendido: La probabilidad de colisión está relacionada con la altura promedio del tendido, siendo mayor cuanto mayor es la altura (24).

- Ubicación de la línea en relación al relieve del entorno: Aquellas líneas que se ubiquen paralelamente a barreras previamente existentes, tales como árboles o montañas, serán menos propensas a generar colisiones, debido a que estas incrementan la probabilidad de que el tendido sea visto y en consecuencia, evitado por las aves (30, 31, 229) (Figura 3).

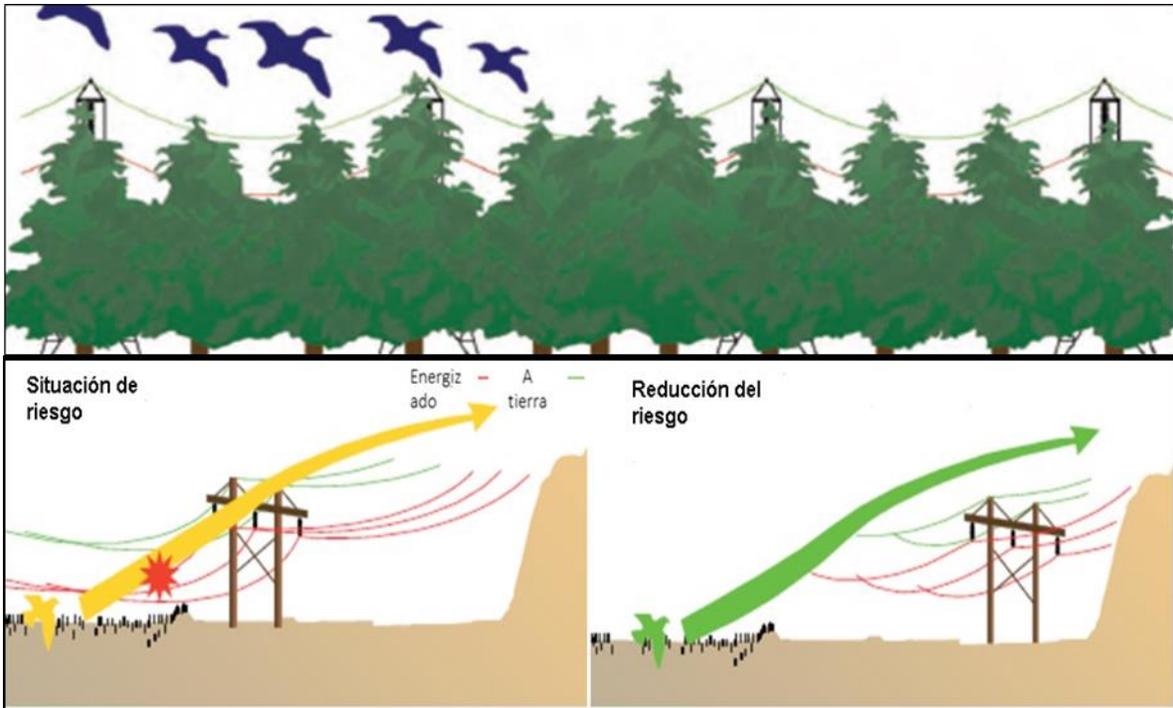


Figura 3: Se grafica cómo puede reducirse el riesgo de colisión al situar las líneas paralelas a un obstáculo natural. Figura superior: Se ejemplifica con un tendido ubicado paralelamente a una línea de árboles. Figura inferior: Se ejemplifica con un tendido situado paralelamente a cerros. Fuente: Modificado de 229.

- Distanciamiento vertical de conductores: Aquellas líneas que obstaculicen mínimamente el espacio aéreo en sentido vertical, disponiendo los cables conductores idealmente en un sólo nivel, serán menos peligrosas, debido a que serán más fácilmente identificables para las aves (24, 33, 205, 229) (Figura 4).

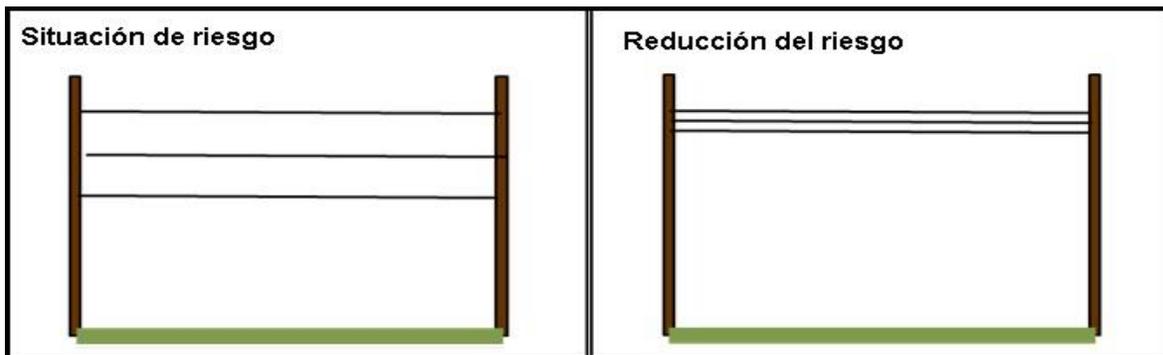
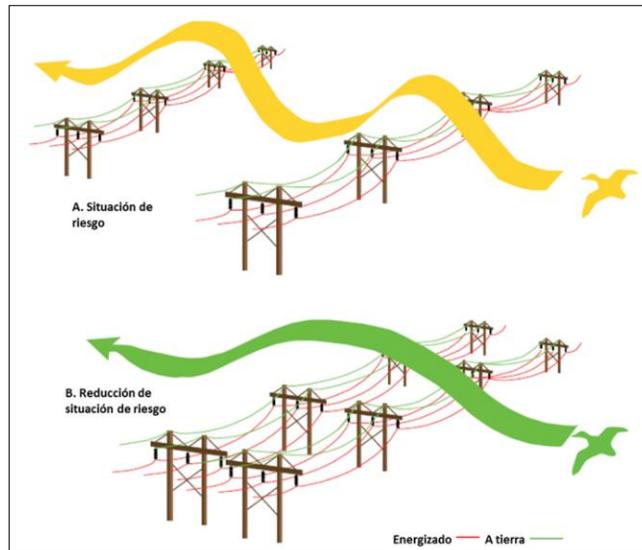


Figura 4: La agrupación de conductores en el eje vertical aumenta la visibilidad del tendido y, en consecuencia, disminuye la probabilidad de colisión. Fuente: Elaboración propia.

- Agrupación de líneas: Aquellas líneas que son dispuestas paralela y cercanamente a líneas pre-existentes, son consideradas como menos peligrosas, ya que esta disposición aumenta la probabilidad de que el conjunto de estructuras sea esquivado por las aves en vuelo (24, 33, 205, 229) (Figura 5).

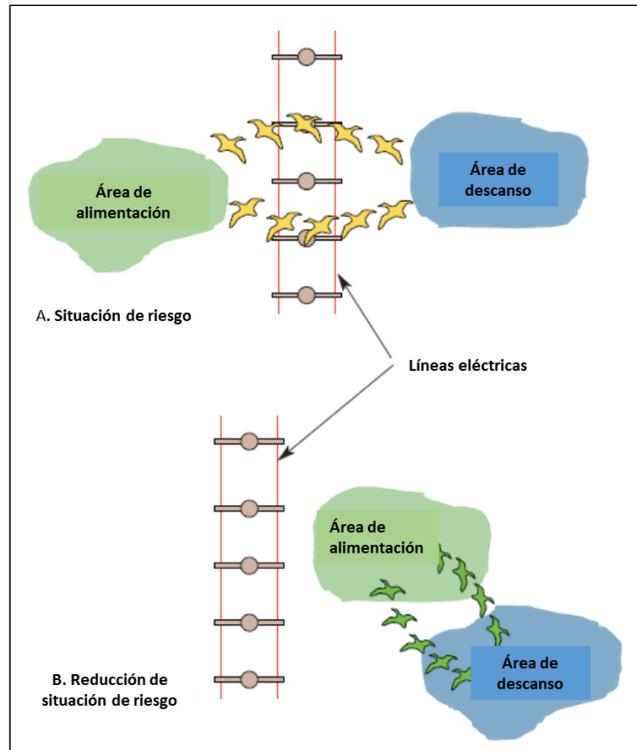


**Figura 5: Reducción de riesgo de colisión al agrupar varios tendidos. Fuente: Modificado de 229.**

#### Factores ambientales

- Sitios con alta concentración de aves: La existencia de grandes congregaciones de individuos aumenta la probabilidad de colisión, especialmente cuando dos sitios con distintas funciones son divididos por un tendido (17, 24, 29, 30, 31, 56, 205, 229) (Figura 6).

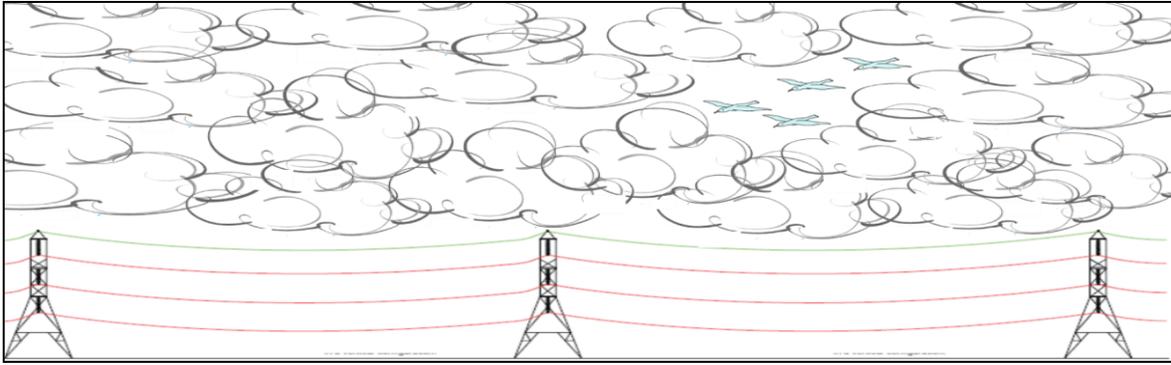
Al respecto es importante señalar que actualmente se cuenta con un listado de 130 IBAs para el país (Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves), instrumento básico que permite identificar al menos los sitios más importantes para las aves, y que, al tener una representación geográfica (shapefile), puede ser fácilmente considerado (59). De igual manera, se recomienda tener presente que humedales, dormideros, lugares de forrajeo, sitios de descanso u otras formaciones podrían generar una alta concentración de aves.



**Figura 6: Se grafica cómo distintos emplazamientos de una línea pueden aumentar o disminuir la probabilidad de colisión. Arriba: Situación de riesgo, en que la línea se interpone en la ruta de vuelo entre el área de alimentación y el área de descanso. Abajo: La misma situación, pero logrando reducir el riesgo gracias al correcto posicionamiento de la línea. Fuente: Modificado de 229.**

- Elementos lineales del paisaje: Las aves, murciélagos y fauna en general utilizan elementos lineales del paisaje (ríos, quebradas, líneas de costa, cordones montañosos, bordes de bosque, etc.), para guiarse durante sus movimientos locales o migratorios, por lo que la instalación de estructuras de manera perpendicular a estos elementos aumenta la probabilidad de colisión (30,31).

- Condiciones meteorológicas adversas: Aquellos lugares o situaciones en que se manifiesten, de manera periódica, condiciones climáticas que dificulten de alguna manera la visibilidad de las aves o que afectan su vuelo (lluvia, nieve, neblina, etc.), conllevarán un aumento del riesgo de colisión (11, 17, 24) (Figura 7).



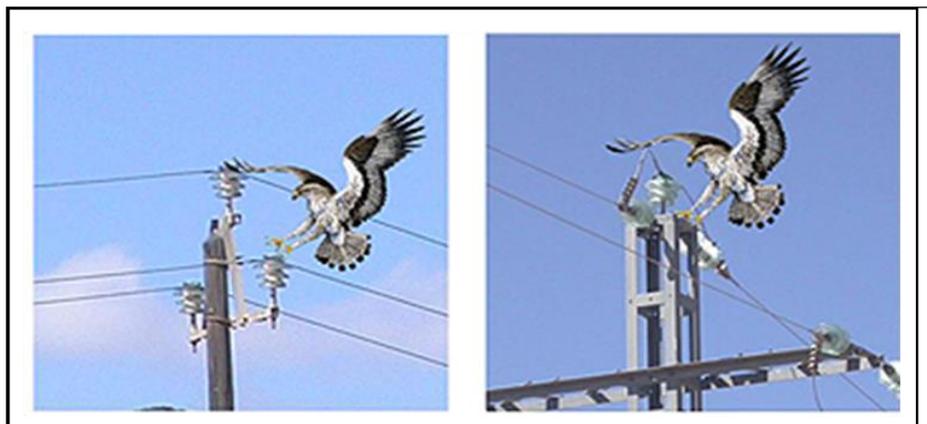
**Figura 7: Condiciones climáticas adversas dificultan la visibilidad de los cables para las aves en vuelo. Fuente: Elaboración propia.**

### 1.1.2. Impacto electrocución

La electrocución es un fenómeno que se produce cuando un ave hace puente entre dos componentes energizados (dos conductores) o cuando hace contacto a tierra a través del poste; lo que ocurre cuando la separación horizontal entre fases energizadas es menor que la distancia entre los extremos de ambas alas (envergadura alar) o cuando la separación vertical es menor a la altura del ave (03, 24, 33, 35) (Figura 8).

En el contexto internacional este impacto ha recibido especial atención, pues la electrocución de un ave suele producir interrupciones en el suministro de energía, lo cual puede conllevar costos económicos superiores a los derivados del reemplazo de las estructuras que revisten un mayor riesgo (03, 24, 33, 35).

Existen diversos factores involucrados en su ocurrencia, aunque es un problema más simple de abordar que la colisión (11).



**Figura 8: Esquema de electrocución por contacto conductor-conductor (izquierda) y conductor-tierra (derecha). Fuente: Modificado de <http://www.murcianatural.carm.es/europa/life00214/casuistica.htm>**

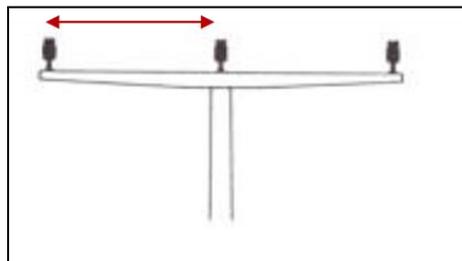
### Factores biológicos

- Envergadura alar: Puesto que la electrocución requiere del contacto simultáneo de dos puntos energizados, la envergadura de la especie evaluada incide directamente en la probabilidad que esta tendrá de ser víctima de electrocución, siendo esta mayor cuanto mayor sea la envergadura alar. Envergaduras  $\geq 1.5\text{m}$  representan un riesgo particularmente alto (03, 20, 33).
- Comportamiento: La electrocución requiere que las aves se posen en las estructuras, conducta que es habitual sólo en algunas especies, principalmente aquellas que pertenecen a las familias Accipitridae, Cathartidae, Ciconiidae, Corvidae, Falconidae, Pelicanidae, Picidae, Tytonidae y Strigidae (03, 06, 11, 17, 20, 49). Adicionalmente, debe tenerse presente que los individuos más afectados corresponden a juveniles, por su torpe vuelo y menor habilidad para posarse en perchas (11, 39, 49).

### Factores estructurales:

Las electrocuciones generalmente ocurren en líneas eléctricas con voltajes menores a 60 kV, puesto que estos tendidos poseen distancias entre fases energizadas que pueden ser alcanzadas por algunas especies (03, 24, 33, 35, 49, 205). Sin embargo, no todos los apoyos posibilitan esta situación, existiendo diseños altamente riesgosos y otros que disminuyen casi por completo el riesgo de electrocución (03, 35).

- Distancia entre conductores: Puesto que la electrocución requiere del contacto de un ave con dos fases energizadas, la distancia entre conductores es un factor determinante en la probabilidad de ocurrencia del impacto. Distancias  $\geq 1.5\text{m}$  disminuyen la probabilidad de electrocución de aves pequeñas y distancias  $\geq 2.7\text{m}$  disminuirían también la probabilidad de electrocución de aves grandes (03, 06, 20, 205).
- Tipo de aisladores: Los tendidos con aisladores ubicados por sobre la cruceta aumentan considerablemente la probabilidad de electrocución (Figura 9), mientras que aisladores ubicados bajo esta actúan en sentido contrario (03, 06, 20, 49, 205, 211). Además, el uso de crucetas metálicas también aumenta el riesgo (20, 211).



**Figura 9:** La flecha roja muestra la distancia existente entre conductores y a su vez grafica una configuración de apoyo en la que los aisladores han sido dispuestos por sobre la cruceta, diseño ampliamente distribuido en Chile. Fuente: Elaboración propia.

- Material de construcción del pilar de apoyo: Los postes de madera son poco conductores en comparación a los de metal. El poste de concreto u hormigón es menos conductor que el de metal, pero al ser de hormigón armado, este posee similar conductividad que uno metálico, aumentando el riesgo de electrocución (03, 20, 205, 211).

Entre las estructuras que representan un mayor riesgo se encuentran los transformadores, los postes terminales y de deflexión y todas aquellas que tienen puentes sin aislar. Los postes terminales dobles con doble cruceta se asocian con una mortalidad más alta que cualquier otro tipo de poste de concreto (03, 20, 205).

#### Factores ambientales:

- Tipo de hábitat y escasez de perchas naturales: El uso de estructuras eléctricas como perchas será mayor cuanto menor sea la oferta de perchas naturales en un área determinada, lo que conlleva un aumento en el riesgo de electrocución (20, 35, 211). Algunos hábitats que han sido descritos como favorables para la ocurrencia de electrocución, dada la escasez de perchas naturales son: bosque abierto, zonas áridas y matorral, marismas y zonas de cultivos extensivos (03, 35, 211).

### 1.1.3. Electromagnetismo

El electromagnetismo ha sido mayormente estudiado desde el área de la medicina humana, siendo considerado como un problema de salud pública. Como efectos principales se describe un aumento del estrés oxidativo y alteración de la inmunidad (231).

En cuanto a la fauna silvestre, su impacto ha sido escasamente estudiado y principalmente en ensayos de laboratorio, en los que se evaluó la interacción entre aves y antenas o teléfonos móviles.

A partir de estudios a largo plazo con aves en cautiverio, se ha determinado que los campos electromagnéticos (EMFs) afectan principalmente al proceso reproductivo, manifestándose efectos negativos, como el adelgazamiento de las cáscaras de los huevos y positivos, como el aumento del tamaño corporal de los polluelos al llegar a la etapa de volantes (231).

Por otra parte, a partir de otros estudios de laboratorio, se ha evidenciado que se requeriría una intensidad 1 millón de veces superior a la que producen las líneas eléctricas, para que las aves manifiesten efectos como los señalados anteriormente (Miguel Ferrer com. pers. Taller de expertos. Santiago, Julio 2014.). De acuerdo a lo anterior, no se reconoce al electromagnetismo como una causa de amenaza para especies de aves silvestres.

Actualmente en Chile no existen normas primarias referidas al impacto de lo EMFs sobre la salud humana; menos para animales. Considerando además que en la escena global, los efectos de EMFs

no han sido identificados como relevantes para la conservación de aves, la presente propuesta no los considera como un impacto relevante para el país.

## MURCIÉLAGOS

En relación a los posibles impactos de líneas eléctricas sobre murciélagos, las distintas fuentes consultadas coinciden en señalar que los impactos por colisión y electrocución son nulos. Esto explicado principalmente por la capacidad de ecolocalización que posee el grupo, que les permite detectar con gran precisión estructuras pequeñas en movimiento y, más aún, estructuras grandes y estáticas. En efecto, las especies presentes en Chile utilizan un sofisticado sistema de ecolocalización, el cual les permite navegar en plena oscuridad evitando obstáculos y detectando insectos presa que serán su alimento. Este sistema de ecolocalización utiliza pulsos de alta frecuencia, los cuales son suficientemente informativos como para detectar insectos pequeños, por lo que estructuras de mayor tamaño como cables o postes de tendido eléctrico son detectados sin dificultad. Es por este motivo que no se adjuntan medidas de mitigación de impactos de líneas de transmisión sobre murciélagos en esta propuesta, impactos que quedan relegados al grupo aves (51, 52, 53).

La única interacción posible entre quirópteros y líneas eléctricas tiene que ver con el emplazamiento de estructuras (torres) que obstruyan físicamente y/o destruyan colonias, refugios, dormideros. Sin embargo, ese impacto no es exclusivo de estructuras eléctricas sino común a cualquier estructura de origen antrópico (edificios, antenas, etc.) (Cris Hein, com. pers. Taller de expertos. Santiago, Julio 2014.). En consecuencia, este posible impacto inespecífico no fue abordado en la presente consultoría.

## 1.2. PROYECTOS DE GENERACIÓN EÓLICA

### AVES

Los impactos ocasionados por proyectos eólicos, sobre aves, son tanto directos como indirectos (05, 10, 16, 43). Los impactos directos se refieren a las mortalidades producidas por la acción de los aerogeneradores (05, 16, 42, 43, 44, 217). Los impactos indirectos, en tanto, son aquellos que se producen al interrumpir el normal comportamiento de forrajeo, actividades de reproducción o patrones migratorios (05, 10, 16), el desplazamiento de especies sensibles, el aumento de presión antrópica y la alteración y/o destrucción de hábitat (16, 44).

No obstante lo anterior, y debido a que los impactos indirectos son comunes a proyectos de diversa naturaleza (44), la presente propuesta considera únicamente los impactos directos ocasionados por proyectos de generación eólica.

### 1.2.1. Impacto colisión

La colisión de aves ocurre por el contacto o choque directo de aves en vuelo con las aspas de un aerogenerador en movimiento. Se debe considerar que los actuales aerogeneradores pueden elevarse a alturas que superan los 120 m, con aspas que miden sobre 25 m y rotores que giran a alrededor de 30 rpm, con lo cual el punto extremo de las aspas puede girar a 80 m/s (203). En la escena internacional, el efecto de los parques eólicos sobre las aves es uno de los motivos principales de preocupación, puesto que son evidentes y cuantificables (16).

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, se recomienda considerar los siguientes factores, los cuales inciden en la probabilidad de colisión:

#### Factores biológicos:

- Vuelo poco maniobrable: Las especies de vuelo poco maniobrable, es decir, aquellas que poseen una alta carga alar (relación entre la superficie alar y el peso del ave) y una baja relación de aspecto (alas largas y delgadas), poseen una menor capacidad para sobrellevar los vórtices de viento producidos por los extremos de las aspas de los aerogeneradores. Esta situación afecta principalmente a especies pertenecientes a los Órdenes Anseriformes, Columbiformes, Charadriiformes, Galliformes (Tinamiformes), Piciformes, Pelecaniformes, Gruiformes, Podicipediformes y también Passeriformes. Para este último grupo la detección es muy baja, debido a la rápida remoción de cadáveres por carroñeros y depredadores oportunistas (04, 05, 12, 15, 16, 25, 26, 34, 36, 42, 43, 44).

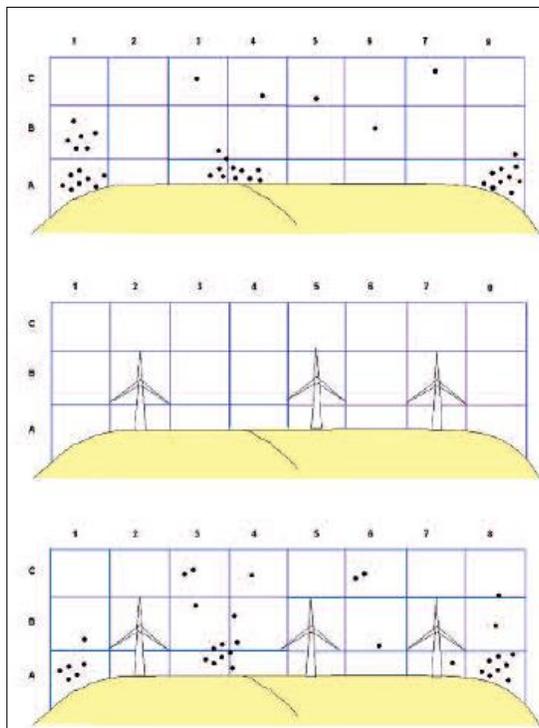
- Vuelo nocturno: Las especies de aves que habitualmente realizan vuelos nocturnos poseen una mayor probabilidad de colisión contra los aerogeneradores, particularmente durante noches de baja visibilidad debido a factores ambientales (05, 16, 36, 221, 222).

#### Factores estructurales:

- Distribución del parque eólico: La estructura del parque eólico definirá en qué medida este actúa como una barrera para el paso de las especies migratorias. Proyectos que presentan una estructura lineal poseen una mayor probabilidad de generar colisiones, aunque debe tenerse presente lo expuesto en el punto siguiente (12, 34, 40, 203).

- Ubicación de los aerogeneradores: La ubicación de las turbinas dentro de un parque es determinante, puesto que como ha sido demostrado, no todos los aerogeneradores revisten la misma peligrosidad, sino que algunos en particular concentran la mayor parte de la mortalidad ocasionada por un parque eólico (19, 25, 26, 43, 44, 204, 232, 234, 240, 243); ejemplo de esto es el estudio llevado a cabo en España, donde se estudiaron la mortalidad de *Gyps fulvus* en 13 parques eólicos, concluyéndose que las diez turbinas más peligrosas se encontraban distribuidas en tan sólo seis de los 13 parques estudiados (246). Los aerogeneradores ubicados en sitios cuyo relieve determina condiciones favorables para un alto tránsito de aves, revisten mayor riesgo que

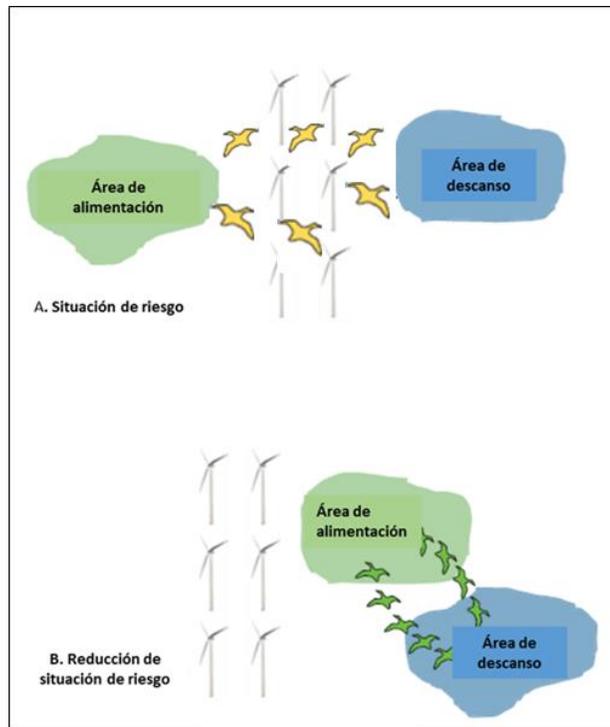
aquellos que se ubican en microsítios que no poseen esta condición. La información acerca del tránsito de aves en un lugar determinado puede obtenerse mediante observación directa, el uso de radares o en modelos de túneles de viento (Figura 10).



**Figura 10: Esquema en el cual se establece, a través de cubos aéreos, las zonas más utilizadas por aves y se contrastan con la ubicación prevista para los aerogeneradores. Fuente: 16.**

Factores ambientales:

- Sitios con alta concentración de aves: La existencia de grandes congregaciones de individuos (dormideros, lugar de forrajeo, descanso, etc.) en las cercanías de un parque eólico determina un aumento en la probabilidad de colisión, particularmente si éste interrumpe dos áreas entre las cuales existen movimientos regulares (12, 16, 34, 43) (Figura 11). Como ya se mencionó en este documento, una herramienta útil para la consideración de este factor es el listado de IBAs (59).



**Figura 11:** Se grafica cómo la ubicación de un parque eólico puede incidir en la cantidad de colisiones. **Arriba:** Situación de riesgo, donde el parque se interpone en la ruta de vuelo entre el área de alimentación y el área de descanso. **Abajo:** La misma situación, pero logrando reducir el riesgo gracias a un posicionamiento más adecuado del parque. **Fuente:** Elaboración propia

- Presencia de ganado y especies presa: La presencia de ganado en la superficie ocupada por aerogeneradores actúa como un atrayente para aves carroñeras y aves de pradera. La presencia de especies presa, en tanto, aumenta considerablemente la presencia y consecuentemente el riesgo de colisión de aves rapaces nocturnas y diurnas (25, 204).
- Condiciones meteorológicas adversas: Aquellos lugares en los cuales se manifiestan, de manera regular, eventos climáticos que dificultan la visibilidad o maniobrabilidad de las aves (lluvia, nieve, neblina, etc.), poseen una mayor probabilidad de colisión (04, 13, 15).

## MURCIÉLAGOS

### 1.2.2. Impacto Colisión-barotrauma

La mortalidad de murciélagos por aerogeneradores es producida tanto por colisión como por barotrauma y se explica por factores diferentes a aquellos que provocan las colisiones de aves, principalmente debido a que los quirópteros utilizan un método distinto para ubicarse en el espacio. En términos generales, la ocurrencia del impacto sobre murciélagos puede ser bastante

mayor a lo descrito para aves puesto que estas últimas son, muchas veces capaces de ver las aspas de los aerogeneradores y esquivarlas, no así los murciélagos (01, 05, 07, 08, 14, 22, 25, 32, 36, 42).

El barotrauma se define como la rápida descompresión experimentada por los murciélagos, debido a los cambios de presión atmosférica que ocurren entre un lado y otro de la turbina, los cuales reciben el nombre de vórtices (09, 14, 18). Los murciélagos al tener un pequeño tamaño, se ven afectados a nivel pulmonar y cardiovascular (25). Este efecto se observa en carcasas de animales que no muestran traumas externos, sino lesiones internas en la cavidad torácica y abdominal (14).

#### Factores biológicos

- Migración: Las especies migratorias realizan vuelos en altura (>60m), siendo de esta manera más propensas a colisionar con los aerogeneradores (01, 05, 14, 22, 25, 32, 36, 42, 225). Ejemplos de estas especies son *Lasiurus varius*, *Lasiurus cinereus* y *Tadarida brasiliensis*, todos presentes en Chile (51, 52, 53).

#### Factores estructurales

- Capacidad instalada de MW: La capacidad instalada de MW de un parque se relaciona con el número de aerogeneradores y con su capacidad individual. Puesto que ambos factores inciden positivamente en la probabilidad de ocurrencia, es que existe una correlación entre capacidad instalada y probabilidad de colisión (15, 22, 27).

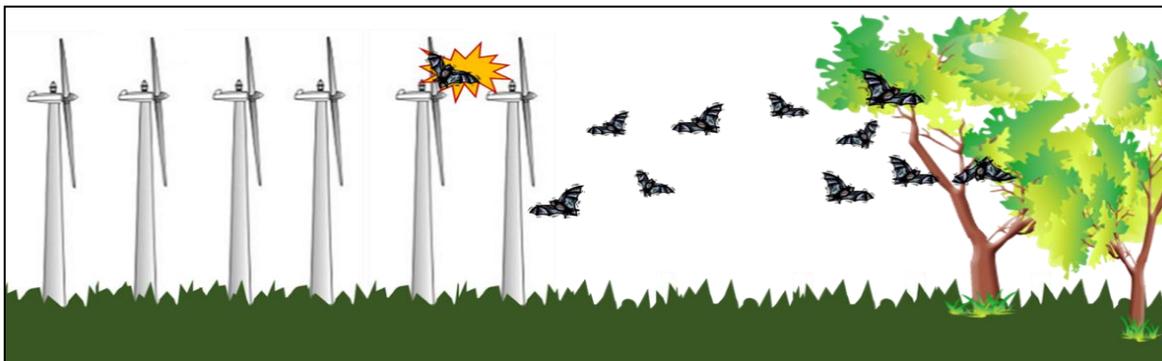
- Distribución del parque eólico: La estructura del parque eólico definirá en qué medida este actúa como una barrera al paso de las especies migratorias. Proyectos que presentan una estructura lineal están descritos con una mayor probabilidad de producir impactos (16, 27, 34, 40).

#### Factores ambientales

- Velocidad del viento: La gran mayoría de las colisiones ocurren cuando las velocidades del viento son inferiores a 6m/s, debido a que vientos por sobre este umbral dificultan en extremo el vuelo de murciélagos. Por otra parte, por características de diseño, las aspas de los aerogeneradores no giran cuando la velocidad del viento es inferior a 3 m/s. En consecuencia, existirá una mayor probabilidad de colisión-barotrauma cuando el viento sea suficiente para hacer girar las aspas, pero con una velocidad inferior a 6 m/s (19, 21, 25, 32).

- Actividad de murciélagos en el sitio: La actividad de murciélagos en un sitio específico determinará una mayor probabilidad de colisión puesto que existirá un mayor número de encuentros posibles entre quirópteros y aspas. Para su determinación es posible utilizar detectores de ultrasonido (n° de registros/unidad de tiempo), método adecuado para el monitoreo de murciélagos insectívoros no Phyllostomidos, los cuales representan el ensamble de especies en Chile (09, 18).

- Elementos lineales del paisaje: Los elementos lineales del paisaje son utilizados por los murciélagos como guía para moverse de un sitio a otro, ya sea desde las guaridas a los sitios de alimentación, o durante la migración. En consecuencia, inciden favorablemente en la probabilidad de colisión (31; Cris Hein com. pers. Taller de expertos. Santiago, Julio 2014.) (Figura 12).



**Figura 12: Se grafica como un grupo de turbinas adyacente a una ruta de tránsito de murciélagos puede ocasionar colisión-barotrauma. Fuente: Elaboración propia.**

## 2. EVALUACIÓN DE IMPACTOS

Los impactos ocasionados por los proyectos de transmisión eléctrica y generación eólica se encuentran ampliamente descritos en la literatura internacional. Sin embargo, los métodos para su evaluación son más bien escasos, presentándose habitualmente lineamientos.

Lo anterior responde, posiblemente, a que existe una gran diversidad de métodos y técnicas para la evaluación en sí, no existiendo un método idóneo en circunstancias variadas. Por el contrario, cada proyecto es y debe ser evaluado en función de sus características propias y singularidades. Lo anterior determina que, en la práctica, los impactos ambientales de distintos proyectos sean evaluados utilizando diversos métodos. Al margen del método utilizado, téngase presente que la evaluación de impactos tiene por objetivo anticipar la ocurrencia de estos, con el fin de establecer medidas de mitigación, reparación o compensación para los impactos que se prevean como negativos y significativos.

La ocurrencia de impactos dependerá de diversos factores que se sugiere sean evaluados por expertos, idealmente desde un plano interdisciplinario, sopesando la implicancia de los componentes aditivos o multiplicativos que desencadenan la ocurrencia de los mismos.

Una consideración relevante y previa a la evaluación misma, es que esta debe realizarse en base a información representativa de las distintas estaciones y ambientes presentes en el área de estudio, pues en caso contrario, la calidad de la evaluación podría verse comprometida. Al respecto, la “Guía para la evaluación de impacto ambiental de centrales eólicas de generación de

energía eléctrica” (50), editada en 2012 por el Servicio de Evaluación Ambiental, aconseja recopilar información acerca de la riqueza y abundancia de las especies presentes en la zona donde se emplazará el proyecto. En tanto, la literatura a nivel internacional (16), recomienda realizar la evaluación a partir de información como la que se presenta a continuación:

Para aves:

- Listado de especies de aves.
- Distribución y abundancia de aves reproductoras e invernantes.
- Abundancia y fenología (relación entre los factores climáticos y los ciclos de los seres vivos) de aves migratorias.
- Colonias y/o dormitorios de aves (especies, tamaño, localización).
- Concentraciones de aves migratorias en áreas de descanso.
- Concentraciones de aves rapaces.
- Concentraciones de aves limícolas.
- Distribución y abundancia de especies con *displays* reproductivos aéreos.

Para murciélagos:

- Listado de especies de murciélagos.
- Distribución y abundancia de murciélagos reproductores.
- Abundancia y fenología de murciélagos en paso.
- Colonias y refugios de murciélagos (especies, tamaño, localización).
- Concentración de murciélagos migratorios.

## 2.1. Aspectos generales de la evaluación

La primera consideración de la propuesta es que existe una serie de factores ambientales que interactúan con acciones derivadas de la ejecución del proyecto evaluado.

Los factores ambientales corresponden a aquellos entes que, perteneciendo a un componente (en este caso, fauna) son capaces de manifestar los impactos de manera diferenciada. A modo de ejemplo, la probabilidad de colisión de un ave rapaz es distinta a la de un passeriforme; y la significancia de la colisión de uno u otro será muy distinta. Los impactos, por su parte, corresponden a la alteración que manifiesta un factor derivado de las acciones propias de un proyecto.

El resultado final (en este caso, el valor del impacto ambiental) responde a variaciones en ambos componentes: que tan “valioso” es el factor impactado (valor ambiental) y que tan “importante” es el impacto ocasionado (magnitud del impacto).

$$\text{Valor del impacto ambiental} = \text{Valor ambiental} \times \text{Magnitud del impacto}$$

## 2.2. Valor ambiental

El valor ambiental corresponde al mecanismo utilizado para asignar importancia relativa a los distintos factores ambientales. La determinación de factores ambientales demasiado gruesos, como “*fauna*” o “*aves y murciélagos*” no permite discriminar entre el distinto valor que diferentes especies poseen, por cuanto se recomienda considerar a **la especie** como el factor ambiental sobre el cual se evalúan los impactos (234). Esto permite, por una parte, acotar el alcance de los impactos (por ejemplo, predecir que el impacto será significativo sólo sobre una de las muchas especies presentes en un sector), y por otra, dar cuenta del hecho de que muchos de los factores que explican la ocurrencia de los impactos varían de una especie a otra. En resumen, las distintas especies tienen un valor relativo distinto y una probabilidad de ocurrencia distinta.

La valoración, en sí, puede realizarse a través de distintos procedimientos. Desde juicio experto a la homologación de listados oficiales. La presente propuesta considera los siguientes tres criterios, con un peso ponderado para cada uno:

- Categoría de conservación
- Criterios de protección de la Ley de Caza
- Origen

**Categoría de conservación:** Este criterio representa el grado de amenaza (o la probabilidad de extinción) de las especies y guarda relación directa con la significancia que un impacto puede representar para distintas especies, por cuanto en una valoración basada en más de un criterio debiera tener una ponderación relativa mayor. Para su definición se recomienda seguir los listados con validez en el SEIA, siendo en la actualidad, los proveniente del Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres (RCE) y, en segunda instancia, las categorías informadas por el Reglamento de la Ley de Caza (CONAMA, 2008) (Tabla 1).

La utilización de este criterio, sin embargo, presenta como limitante el hecho de que los estados de conservación de muchas de las especies de murciélagos no han sido evaluados.

**Tabla 1: Valor ambiental según criterio Categoría de conservación.**

Valor ambiental	Reglamento Ley de Caza	RCE 1° – 4°	RCE 5° – 9°
Mayor valor	En peligro de extinción (P)	En peligro de extinción (EP)	En peligro crítico (CR)
	-	-	En peligro de extinción (EN)
	Vulnerable (V)	Vulnerable (VU)	Vulnerable (VU)
	Escasamente conocida (IC)	Insuficientemente conocida (IC)	-
	-	-	Casi amenazada (NT)
	Rara (R)	Rara (RA)	-
	Fuera de peligro (F)	Fuera de peligro (FP)	-
Menor valor	-	-	Preocupación menor (LC)
	-	-	Datos deficientes (DD)
	-	-	No evaluado (NE)

Fuente: Elaboración propia, basado en Ley n° 19.473/1996, DS75/2004, Ley n° 20.417/2010 y UICN, 2001.

**Criterios de protección de la Ley de Caza:** Corresponden a los informados por el Reglamento de dicho cuerpo legal (D.S. 05/98) y son propuestos como un elemento que aporta a la valoración de las especies -en menor medida que la categoría de conservación- fundamentalmente para posibilitar la valoración de quirópteros, grupo mayoritariamente ausente de los listados de categorías de conservación (Tabla 2). La lógica propuesta, en este caso, es que especies con mayor cantidad de criterios de protección poseen un valor mayor ambiental.

**Tabla 2: Valor ambiental según Criterios de protección de la Ley de Caza.**

Criterio de protección de especies
Beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria (B)
Densidades poblacionales reducidas (S)
Benéfica para la mantención de los equilibrios de los ecosistemas naturales (E)

Fuente: D.S. 05/98

**Origen:** Este criterio está relacionado con la naturalidad y singularidad de las especies evaluadas, discriminando entre las especies introducidas, nativas y endémicas. Se recomienda que su determinación esté basada en listados oficiales, como por ejemplo el Inventario Nacional de Especies Silvestres publicado en el portal del Ministerio del Medio Ambiente<sup>1</sup> o fuentes bibliográficas equivalentes. La lógica propuesta para este criterio, es que especies endémicas tienen mayor valor que especies nativas; y que a su vez, especies nativas tienen mayor valor que especies introducidas (Tabla 3).

**Tabla 3: Valoración ambiental según criterio Origen**

Valor ambiental	Origen
	Endémica
	Nativa
	Introducida

Fuente: Elaboración propia

La articulación de los tres criterios propuestos debería otorgar una ponderación relativa mayor a “Categoría de conservación”, para lo cual se propone arbitrariamente un peso relativo de 60% para este criterio, versus 20% para cada uno de los criterios restantes.

La ponderación sugerida se basa en la premisa de que el criterio más importante para definir el valor ambiental de una especie es, sin duda, su estado de conservación, puesto que éste representa el grado de amenaza (o la probabilidad de extinción) de las especies y que en su determinación se toman en cuenta una serie de criterios con sentido biológico, por lo cual este criterio por sí solo podría definir el valor ambiental. Sin embargo, considerando que el grueso de

<sup>1</sup> <http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/Default.aspx>

las especies de quirópteros no han sido sometidas al proceso de clasificación, se hace necesario adicionar otros criterios, que permitan discriminar entre especies, como son el origen y los criterios de protección abordados en la Ley de Caza, los cuales, a un menor nivel, también son representativos de su valor ambiental.

### 2.3. Magnitud del impacto

La magnitud corresponde a la importancia relativa que tiene un impacto en relación a otro, el cual se explica por la interacción de múltiples variables, abordados como “criterios” en la mayoría de los métodos de evaluación ambiental. Estos criterios son numerosos y varían entre metodologías, sin embargo los más comúnmente utilizados son: carácter, extensión, intensidad, reversibilidad y probabilidad.

A modo de ejemplo, un impacto negativo, de amplia cobertura espacial, que modifique sustancialmente al factor ambiental, de manera irreversible y de probabilidad cierta, tendrá una magnitud mayor que un impacto de las características contrarias. Dicha magnitud de impacto interactuará con el valor ambiental, resultando en un valor de impacto ambiental.

Como se mencionó anteriormente, los criterios que pueden ser utilizados para caracterizar un impacto son múltiples, por cuanto resulta imposible referirse a cada uno de ellos. Para los impactos abordados por la presente consultoría, el criterio probabilidad es el más importante, puesto que es sumamente variable entre especies, lo cual lo hace también el más difícil de establecer. El comportamiento de los demás criterios es habitualmente conocido y común para todas las especies, según se muestra a continuación.

A continuación se presentan indicaciones para la consideración de algunos de los criterios más comúnmente utilizados:

**Probabilidad:** Los factores que inciden en la probabilidad de ocurrencia de un impacto son, esencialmente, aquellos presentados previamente para cada impacto, dentro de los grupos biológicos, estructurales y ambientales. En un mismo proyecto, los factores estructurales y ambientales son comunes a las distintas especies, puesto que guardan relación con el proyecto y sus características. En cambio, los factores biológicos son específicos para cada especie evaluada. De acuerdo a lo anterior, la probabilidad de ocurrencia de un impacto en particular estará compuesta por un componente intrínseco de cada especie (factor biológico) y un componente común a todas las especies (factores ambientales y estructurales).

**Carácter:** Refleja la naturaleza del cambio; es decir, si este es positivo, neutro o negativo. Para todos los impactos tratados en este documento, el carácter debiera ser valorado como negativo.

**Extensión:** Dependiendo de la metodología utilizada, se relaciona con la cobertura espacial del proyecto en sí, o bien, con el alcance espacial en el cual se manifiestan los impactos. Para los impactos abordados en este documento, se recomienda que la extensión guarde relación con la cobertura espacial del proyecto.

**Duración:** Dependiendo de la metodología utilizada, corresponde a la persistencia en el tiempo de los impactos, o bien, a la persistencia de la acción que los genera. Debido a que, en la práctica, es muy difícil establecer cuánto tarda una población en recuperar cierto tamaño una vez producido un impacto; se recomienda entender este criterio como vida útil del proyecto, la cual es habitualmente larga (>20 años).

### 3. RELEVANCIA DE IMPACTOS

La relevancia de los impactos tratados en la presente propuesta está determinada por diversos factores, que variarán caso a caso y que, por ende, no pueden ser definidos de manera estándar. A modo de ejemplo, desde la perspectiva de la conservación de la biodiversidad a nivel global, la muerte de un número bajo de individuos de una especie común y no amenazada puede ser considerada aceptable, mientras que la muerte del mismo número de individuos de una especie escasa o amenazada puede representar una amenaza para su sobrevivencia en el tiempo y puede ser considerada inaceptable. No obstante lo anterior, existen ciertas situaciones que se recomienda considerar como relevantes:

- Mortalidad de individuos listados en categorías de conservación como amenazados, independiente del número o frecuencia con que ésta se produzca, ya que podría conducir a declinación o extinción local de la especie, lo cual favorecería la declinación global de la misma.
- Mortalidad elevada de una misma especie, aunque esta no se encuentre clasificada como especie amenazada, debido a que esto podría derivar en la modificación del ensamble y acarrear efectos secundarios indeseables.
- Mortalidad de especies protegidas por la Convención de Especies Migratorias<sup>2</sup>, debido a que estas poseen una categoría de protección internacional que ha sido reconocida por Chile, al adscribir a dicha convención.
- Mortalidad preferente de juveniles, debido a que afectaría el reclutamiento de poblaciones locales, pudiendo tener efectos poblacionales superiores a los explicados únicamente por el número de individuos afectados. Este punto es particularmente

---

<sup>2</sup> Promulgada en Bonn, 23 de junio de 1979. Establece los siguientes principios fundamentales:

- Las Partes reconocen la importancia de la conservación de las especies migratorias y de las medidas a convenir para este fin por los Estados del área de distribución, siempre que sea posible y apropiado, concediendo particular atención a las especies migratorias cuyo estado de conservación sea desfavorable; el mismo reconocimiento se extiende también a las medidas apropiadas y necesarias, por ellas adoptadas separada o conjuntamente, para la conservación de tales especies y de su hábitat.
- Las Partes reconocen la necesidad de adoptar medidas a fin de evitar que una especie migratoria pase a ser una especie amenazada.
- En particular, las Partes: a) deberían promover, apoyar o cooperar a investigaciones sobre especies migratorias; b) se esforzarán por conceder una protección inmediata a las especies migratorias enumeradas en el Apéndice I; y c) deberán procurar la conclusión de acuerdos sobre la conservación, cuidado y aprovechamiento de las especies migratorias enumeradas en el Apéndice II.

relevante para especies con bajas tasas de reproducción, como son las aves rapaces y los murciélagos.

- Mortalidad preferente de machos o hembras, por razones semejantes a las descritas en el punto anterior. Este punto es importante especialmente para especies con bajas tasas de reproducción, como son las aves rapaces y los murciélagos.
- Mortalidad de hembras preñadas (murciélagos). Los impactos sobre hembras preñadas pueden representar un alto riesgo para poblaciones locales, dadas las bajas tasas de reproducción (una o dos crías por año) y alta longevidad del grupo.

## II. MITIGACIÓN DE IMPACTOS

De acuerdo al Art. 98 del Reglamento del SEIA (D.S. 40/2012), las medidas de mitigación tienen por finalidad evitar o disminuir los efectos adversos de un proyecto o actividad, cualquiera sea su fase de ejecución. Se expresarán en un Plan de Medidas de Mitigación Ambiental que deberá considerar, al menos, una de las siguientes medidas:

- Las que impidan o eviten completamente el efecto adverso significativo, mediante la no ejecución de una obra o acción, o de alguna de sus partes.
- Las que minimizan o disminuyen el efecto adverso significativo, mediante una adecuada limitación o reducción de la extensión, magnitud o duración de la obra o acción, o de alguna de sus partes.
- Las que minimizan o disminuyen el efecto adverso significativo mediante medidas tecnológicas y/o de gestión consideradas en el diseño.

Las medidas consideradas por la presente propuesta, son específicas para cada tipo de proyecto e impacto; y pueden ser comprendidas dentro de los puntos 2 y 3 del listado anterior.

### 1. PROYECTOS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA

Las medidas de mitigación propuestas para proyectos de transmisión eléctrica están orientadas a disminuir la ocurrencia de los impactos electrocución y colisión, los cuales afectan únicamente al grupo de las aves.

Una consideración importante de mencionar para este tipo de proyecto es que las medidas de mitigación que sean implementadas, deben ser dispuestas de manera de no afectar las capacidades de diseño de las instalaciones, su operación normal y las actividades de mantención de las mismas, cumpliendo con lo señalado en los siguientes cuerpos legales: Norma NSEG 5 E.n. 71. Electricidad. “Instalaciones Eléctricas de Corrientes Fuertes”, de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles; Norma NSEG 6 E.n. 71. Electricidad. “Cruces y Paralelismos de Líneas Eléctricas”, de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles; y R.M. Exenta N°9/05 del Ministerio de Economía y sus Modificaciones, que aprobó la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio.

## AVES

### 1.1. Impacto Colisión

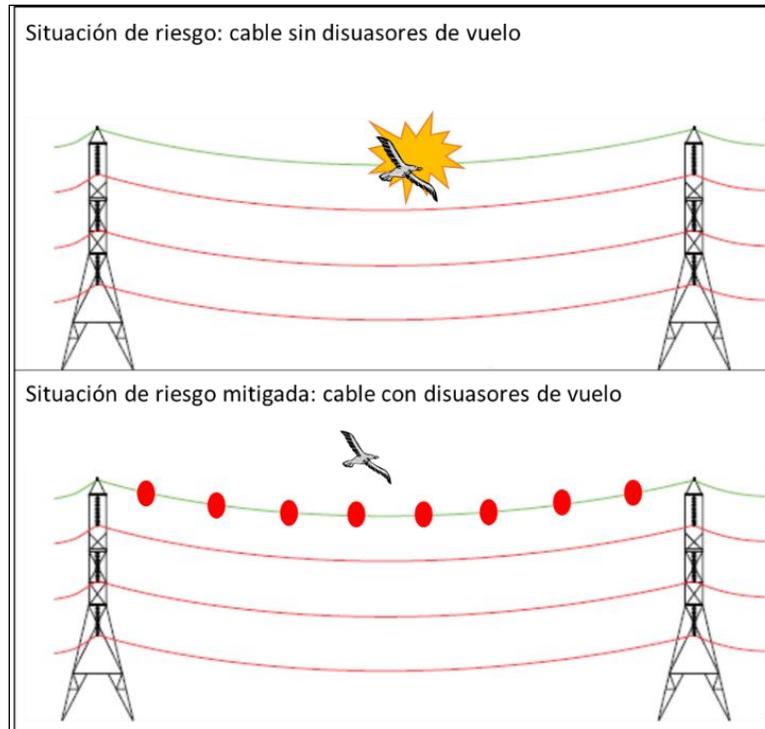
#### Uso de disuasores de vuelo o salvapájaros

Esta medida consiste en la instalación de dispositivos que aumentan la visibilidad del tendido, disminuyendo así la probabilidad de colisión con éste (03). Su utilización en el extranjero es amplia y sus resultados han sido satisfactorios, con reducciones en el número de colisiones de aves entre 55-94% -con un promedio de 78%- (29); 56-94% (25) y 50-80% (24).

Es una medida ampliamente utilizada a nivel nacional (83, 91, 106, 110, 111, 115, 122, 124, 126, 129, 137, 140,142, 143, 149, 152, 153, 159, 160, 165, 168, 170, 180, 185, 188), sin embargo, se desconocen los resultados de su aplicación debido a la fragilidad metodológica de los planes de seguimiento.

Muchos proyectos ingresados al SEIA consideran el uso de boyas aeronáuticas como medida de mitigación para aves, aprovechando que el uso de éstas es requerido por normativa de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC). Sin embargo, el uso de boyas no siempre resulta efectivo para la protección de aves, dados los detalles metodológicos que se señalan más adelante.

Se aconseja que los dispositivos de marcaje sean instalados en el cable de guardia, especialmente cuando este mide menos de 20mm (227). Además, se recomienda aplicarlo en todo su largo y no sólo en el sector central del vano, puesto que se han descrito eventos de colisiones, contra los extremos más cercanos a las torres que los sujetan, especialmente de aves juveniles. (Miguel Ferrer, com. pers. Taller de expertos. Santiago, Julio 2014.) (Figura 13).



**Figura 13:** Arriba: Situación de riesgo. Se observa cómo un ave colisiona con el cable de guardia, al ser este poco visible. Abajo: Situación de riesgo mitigada. Se muestra cómo un cable de guardia marcado con disuasores de vuelo (salvapájaros) es más visible y dificulta la colisión. Fuente: Elaboración propia.

Existen variados tipos de disuasores en el mercado. La elección del dispositivo a utilizar debería estar dada por las características técnicas del mismo, siendo aconsejable la consideración de los siguientes aspectos:

- *Colores:* Se sugiere el uso de colores altamente contrastantes (rojo, amarillo, blanco) o el uso de dispositivos de dos colores (ej. blanco y negro). El amarillo es considerado el color más contrastante, en tanto que el naranja sería el menos efectivo (24) (Figura 14).

Según la DGAC (Decreto 173/2004), las balizas tipo esfera deberán ser de un solo color. Cuando se instalen esferas de color blanco y rojo o blanco y anaranjado, estas deberán alternarse (212).

Cuando se baraje la posibilidad de ocurrencia de colisiones nocturnas, se sugiere la implementación de dispositivos que sean visibles durante la noche, ya sea por iluminación, fosforescencia, radiación ultravioleta u otros medios (24) (Figura 15).

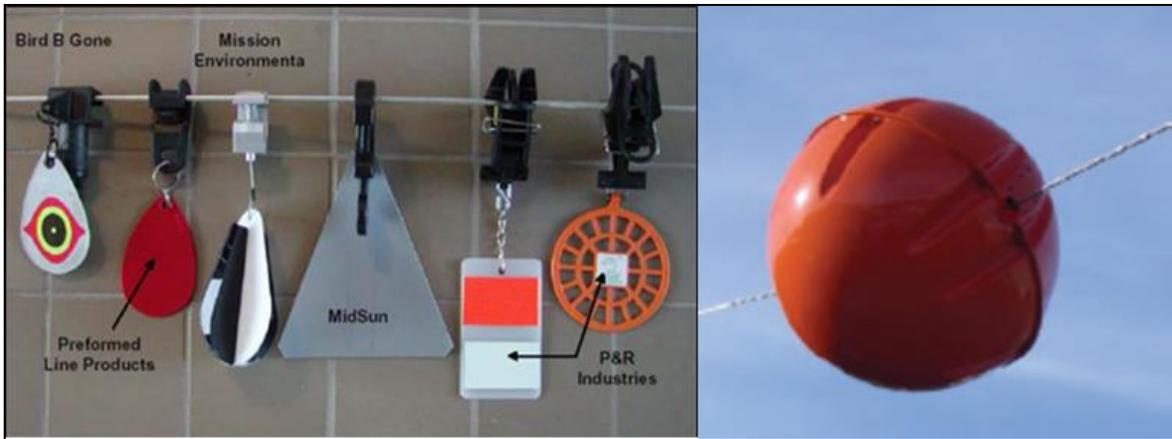


Figura 14: Izquierda: Distintos tipos de dispositivos marcadores usados con el objetivo de reducir las colisiones de aves con las líneas eléctricas. Fuente: Extraído de 37. Derecha: Marcador aéreo esférico (baliza) exigido por la DGAC.

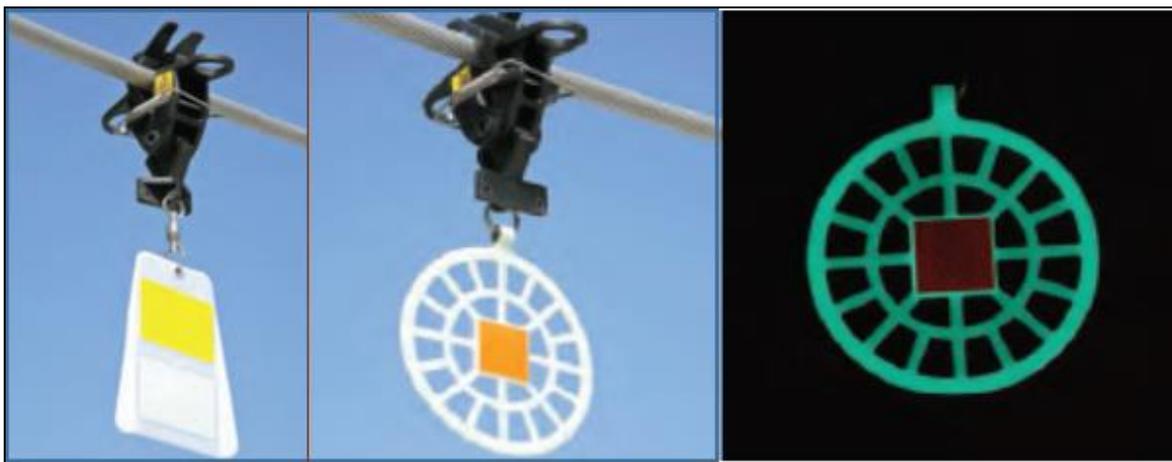
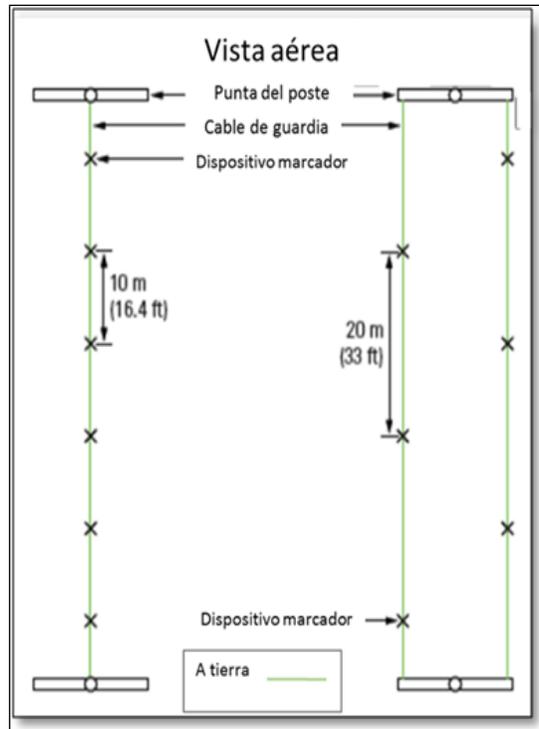


Figura 15: Ejemplos de disuasores visibles en oscuridad. Izquierda: FireFly. Derecha: BirdMark BM-AG, el cuadro en negro emula su observación durante la noche. Fuente: Modificado de 33.

- *Frecuencia*: Suele ser definida por el fabricante. Idealmente la distancia entre disuasores debería ser de 10m (si es un único cable de guardia) y de 20m si estos se disponen al tresbolillo o alternadamente (si son dos cables de guardia paralelos) (Figura 16) (227). En aquellos lugares con niebla o visibilidad limitada se aconseja sopesar las distancias, disminuyéndolas a criterio (227).

La DGAC (Decreto 173/2004) indica que la distancia entre dos balizamientos tipo esfera no debe exceder los: 30m en el caso de esferas de 60cm, 35m en caso para esferas de 80cm y 40m para esferas de 130cm (212). Dado que este distanciamiento es largamente superior al recomendado, se recomienda su utilización en conjunto a otros disuasores, los cuales deberían ser livianos, y que en su conjunto permitirían alcanzar la distancia recomendada entre los dispositivos de disuasión de vuelo.



**Figura 16: Vista dorsal y esquemática de un tendido; y frecuencia de posicionamiento de los disuasores. A la izquierda se muestra el marcaje en un solo cable y a la derecha se muestra la disposición al tresbolillo (colocación de las balizas en filas paralelas, de modo que las de cada fila vayan colocadas de manera que correspondan al medio de los huecos de la fila inmediata). Fuente: Modificado de 229.**

- *Tamaño*: Se aconseja que el tamaño del dispositivo sea de, al menos, 10-20cm de largo y que sea lo suficientemente grande como para aumentar el grosor de la línea en al menos 20cm (24), recomendándose que sobresalga por sobre y bajo el cable (Figura 17). Sin embargo, cabe destacar que aquellos disuasores que marcan los cables solamente por debajo, pueden ser igualmente efectivos. Ejemplo de lo anterior es el caso de las aletas de plástico duro, blancas con negro, de unos 50cm de largo, que han mostrado disminuciones de hasta un 90% de los accidentes en gaviotas y un 80% en colisiones nocturnas de patos (24, 33).

Según la DGAC (Decreto 173/2004) las esferas de marcaje deben medir un mínimo de 60cm. Adicionalmente a esta consideración, es recomendable tener presente el peso de aquellos disuasores que serán dispuestos en líneas ubicadas lugares donde se registren eventos climáticos con caída de nieve o fuertes vientos, ya que estos aumentarán la exigencia de la línea.



**Figura 17: Cable de guardia marcado con un disuasor que aumenta su grosor por sobre y por debajo del mismo. Fuente: Modificado de 229**

- *Duración de los materiales:* Para asegurar una mayor durabilidad de los dispositivos, se recomienda que los componentes metálicos sean de acero inoxidable. De igual manera es aconsejable que los elementos plásticos sean de PVC de alto impacto resistentes a la luz UV (24). Cabe destacar que rara vez su vida útil superará los cinco años (Miguel Ferrer, com. pers. Taller de expertos. Santiago, Julio 2014.) por lo que se sugiere llevar a cabo revisiones y mantenciones periódicas del estado de los mismos, lo cual implica un costo económico.

- *Movimiento:* Se recomienda que los dispositivos tengan movimiento, no obstante se debe tener presente que el mecanismo de sujeción no debe moverse más de lo necesario (24).

A continuación se presenta una Tabla (Tabla 4) con las características de algunos tipos de marcaje.

**Tabla 4: Análisis de características de diversos métodos de marcaje para líneas eléctricas.**

<p><b>Espiral blanca de polipropileno (diámetro 30cm. 100cm de longitud)</b></p> <p>Soporte: Cable de tierra o conductor  Colocación: Manual  Montaje: Sin servicio (Requiere interrupción del servicio)  Frecuencia: Cada 5 metros (un solo cable); Cada 10 metros al tresbolillo.  Equipo de trabajo: Tres personas  Velocidad de instalación: 0,2 km/hr  Costo: Alto  Eficacia: Buena  Durabilidad: Mayor de tres años. Superado ensayo de seis semanas en cámara climática</p>
<p><b>Espiral naranja de polipropileno (diámetro 30cm. 100cm de longitud)</b></p> <p>Soporte: Cable de tierra o conductor  Colocación: Manual  Montaje: Sin servicio  Frecuencia: Cada 5 metros (un solo cable); Cada 10 metros al tresbolillo  Equipo de trabajo: Tres personas  Velocidad de instalación: 0,2 km/hr  Costo: Alto  Eficacia: Buena  Durabilidad: Mayor de tres años. Superado ensayo de seis semanas en cámara climática</p>
<p><b>Tiras en “x” de neopreno (35cm. X 5cm.) sujetas con mordaza de electrómetro con cinta luminiscente</b></p> <p>Soporte: Cable de tierra o conductor  Colocación: Robot o manualmente  Montaje: Sin servicio  Frecuencia: Cada 10 metros  Equipo de trabajo: Cuatro personas  Velocidad de instalación: 0,4 km/hr  Costo: Alto  Eficacia: Buena  Durabilidad: Mayor de tres años. Superado ensayo de seis semanas en cámara climática</p>
<p><b>Abrazaderas negras de plástico colgantes (55cm. X 5cm.)</b></p> <p>Soporte: Cable de tierra o conductor  Colocación: Manual  Montaje: En tensión (en cable a tierra)  Frecuencia: Cada 8 metros  Equipo de trabajo: Tres personas  Velocidad de instalación: 0,4 km/hr  Costo: Bajo  Eficacia: No suficientemente contrastada  Durabilidad: Mayor de tres años. Superado ensayo de seis semanas en cámara climática</p>

### Abrazaderas negras de plástico colgante (70cm. X 0,8cm.)

Soporte: Conductor  
Colocación: Manual (grúa)  
Montaje: Sin servicio  
Frecuencia: Cada 15 metros 3 abrazaderas  
Equipo de trabajo: Dos personas  
Velocidad de instalación: 0,4 km/hr  
Costo: Alto  
Eficacia: Mala  
Durabilidad: Mayor de tres años. Superado ensayo de seis semanas en cámara climática

### Bolas amarillas con banda negra vertical (diámetro 30 cm.)

Soporte: Cable de tierra  
Colocación: Desconocida  
Montaje: Sin servicio  
Frecuencia: De 75 a 100 metros  
Equipo de trabajo: Desconocido  
Velocidad de instalación: Desconocido  
Costo: Alto  
Eficacia: Buena  
Durabilidad: Desconocida

Fuente: Modificado de 03.

## 1.2. Impacto Electrocutión

De acuerdo a lo estipulado por el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, deben ingresar a éste los proyectos de líneas de transmisión de alto voltaje que posean una tensión mayor a 23kV<sup>3</sup>. Debido a que la electrocutión es infrecuente en tendidos con tensión superior a 60kV, las medidas que se proponen a continuación debieran ser consideradas por proyectos cuya tensión se ubique dentro de este rango.

También es importante tener en cuenta que para el impacto electrocutión, la consideración de un diseño adecuado del apoyo permitirá eliminar casi por completo la ocurrencia del mismo, de manera sencilla y perdurable en el tiempo y sin necesidad adoptar acciones específicas para la mitigación del impacto (03, 211).

---

<sup>3</sup> Tendidos con tensión menor a 23kV igualmente pueden ocasionar electrocutión, sin embargo, estos no ingresan por sí solos al SEIA, razón por la cual no son considerados en la presente propuesta.

## Implementación de distancias de seguridad

La distancia de seguridad tiene por objetivo evitar que las aves tomen contacto simultáneo con dos fases energizadas, ya sea con las puntas de sus alas o con cualquier punto de su cuerpo, debido a su altura o largo corporal (Figura 18 y Figura 19). Dicha distancia puede ser lograda por medio de la modificación del diseño del tendido (Figura 20 y Figura 21), o bien aislando ciertas estructuras (Figura 22) (24, 33).

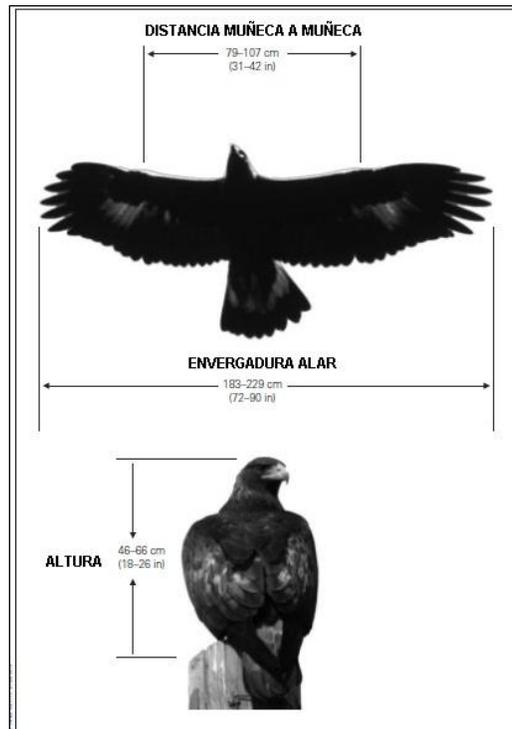


Figura 18: Muestra cómo el cuerpo del ave podría tomar contacto simultáneo con las estructuras, ya sea a través de su envergadura alar, o por su altura. Fuente: Modificado de 35.

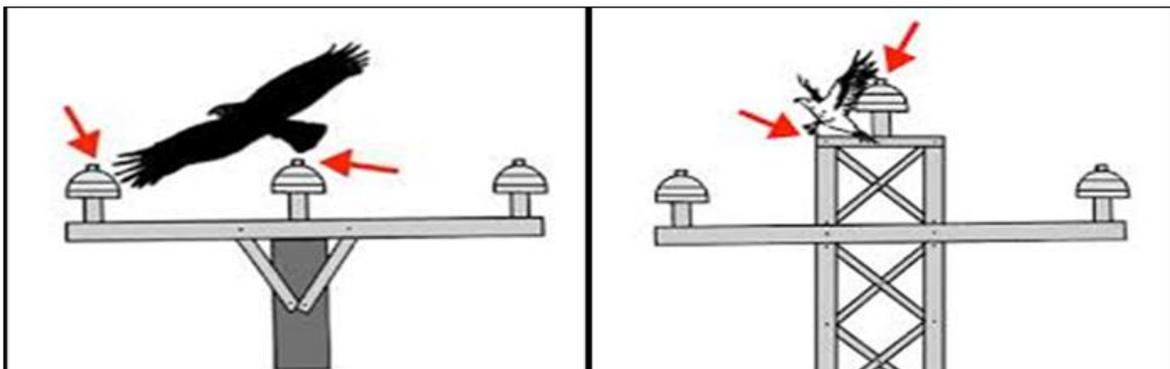


Figura 19: Izquierda: se grafica el mecanismo mediante el cual un ave toma contacto con ambos conductores simultáneamente. Derecha: se grafica cómo un ave tomaría contacto simultáneo con el conductor y tierra. Fuente: <http://www.ub.edu/aligaperdiguera/EEAPcas/amen1.htm>.

Las distancias que son consideradas como seguras son: 1.5m entre conductores y 0,6m entre conductor y tierra (24, 35, 227). Se sugiere que estas distancias sean mayores si se constata la existencias de aves de mayor tamaño en lugar de emplazamiento del proyecto, pudiendo requerirse distancias de >2,7m y 1.5m respectivamente (205). La Tabla 5 entrega separaciones recomendadas para líneas de transmisión de >60kV.

**Tabla 5: Separaciones recomendadas para líneas de transmisión >60kV**

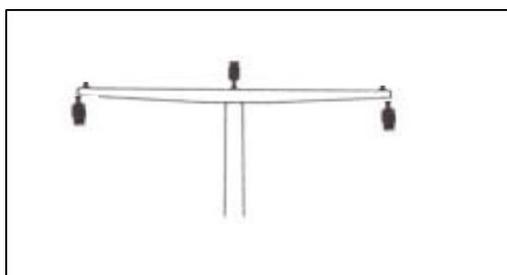
kV	Espaciamento horizontal (cm)	Espaciamento vertical (cm)
<b>69 kV</b>	157	106
<b>115 kV</b>	180	130
<b>138 kV</b>	192	141

Fuente: Modificado de 35

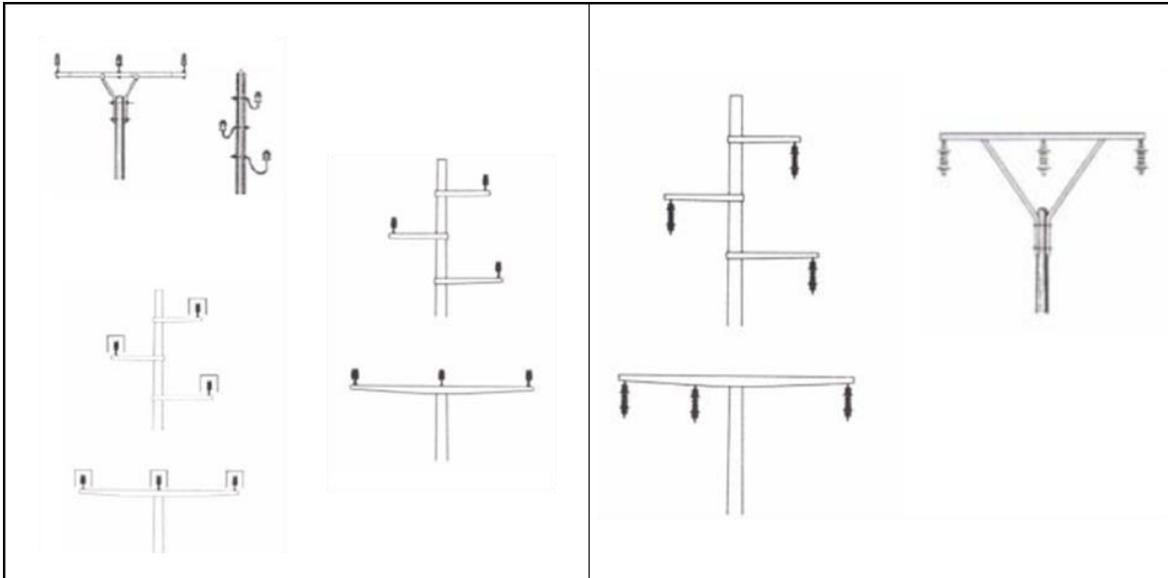
Lo ideal es que las líneas sean diseñadas y construidas utilizando aquellos diseños considerados como seguros, más aun teniendo en cuenta que su costo económico es equivalente al de los diseños peligrosos (Miguel Ferrer, com. pers. Taller de expertos. Santiago, Julio 2014.). No obstante, aquellas líneas más antiguas podrían modificar sus configuraciones o recurrir, como ya se mencionó, al uso de aisladores, en caso de que fuera necesario (33).

Algunas alternativas para diseños de apoyo consideradas como seguras son (03, 33, 205, Miguel Ferrer, com. pers. Taller de expertos. Santiago, Julio 2014.):

- Ubicar los tres conductores por debajo de la cruceta, suspendidos por medio de aisladores de cadena.
- Apoyo al tresbolillo con aisladores suspendidos.
- Dos conductores por bajo la cruceta y sólo uno (el del centro) por arriba. En este caso es importante destacar que el poste no deberá ser conductor, debido a que si bien se evita el peligro de que el ave tome contacto simultáneo con dos conductores, cabe la posibilidad de que el contacto se realice por derivación a tierra.



**Figura 20: La figura muestra un diseño con dos conductores por sobre la cruceta y solo uno (el del centro) por arriba. Para que este apoyo sea seguro, el poste no debe ser de material conductor. Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 21:** Izquierda: Diseños de apoyo considerados como riesgosos, donde los conductores han sido situados por sobre las crucetas con aisladores fijos. Derecha: Diseños de apoyo seguros, donde los conductores se ubican por debajo de la cruceta por medio de aisladores suspendidos. Fuente: Modificado de 33.



**Figura 22:** Disminución del riesgo mediante aislación de conductores. Fuente: <http://www.msha.gov>

En relación al material del poste se recomienda el uso de postes de madera sin cables de derivación a tierra. Asimismo se sugiere reemplazar el acero de los postes eléctricos, particularmente en las abrazaderas de las crucetas (24).

Si se opta por el uso aislamiento para alcanzar las distancias deseadas, se aconseja que esta sea aplicada a cada uno de los conductores. Los aisladores deberían ser fabricados de polímeros y las estructuras que los fijen tampoco deberían ser conductoras (Miguel Ferrer, com. pers. Taller de expertos. Santiago, Julio 2014.).

## 2. PROYECTOS DE GENERACIÓN EÓLICA

Debido a que los impactos producidos por los proyectos de generación energética de tipo eólico han sido identificados paulatinamente, haciéndose evidentes tan solo durante las últimas décadas; es que las medidas de mitigación destinadas a evitarlos o minimizarlos se encuentran en continua investigación y evolución.

Las medidas de mitigación actualmente disponibles se basan en la interrupción del funcionamiento de aquellos aerogeneradores que han demostrado ser peligrosos, siendo fundamental para ello la recolección de datos en terreno que permitan comprender cuales son los aerogeneradores peligrosos y en qué momentos producen las mortalidades. Dicha información puede ser obtenida únicamente a través del monitoreo, el cual permitirá tanto la ejecución de medidas de mitigación como la evaluación de las mismas, en una lógica de manejo adaptativo.

Es importante destacar que las medidas de mitigación deberían ser instaladas de manera de no afectar las capacidades de diseño de las instalaciones, su operación normal y las actividades de mantenimiento de las mismas, cumpliendo con lo señalado en las Normas NSEG 5 E.n. 71. Electricidad. “Instalaciones Eléctricas de Corrientes Fuertes”, de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles; Norma NSEG 6 E.n. 71. Electricidad. “Cruces y Paralelismos de Líneas Eléctricas”, de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles; y R.M. Exenta N°9/05 del Ministerio de Economía y sus Modificaciones, que aprobó la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio. }

### AVES

#### 2.1. Impacto colisión

##### Detención programada de turbinas problemáticas

La detención programada de turbinas problemáticas se basa en el cese del funcionamiento de ciertos aerogeneradores que han probado ser peligrosos para las aves, durante ciertos momentos específicos de tiempo (16, 23, 25, 28).

Esta medida ha resultado tener altos porcentajes de éxito en la reducción de colisiones con aerogeneradores. Un estudio que evaluó la efectividad de la detención programada de turbinas en la mortalidad de *Gyps fulvus* (Accipitridae) en 13 parques eólicos de España, logró disminuirla en un 50,8%, deteniendo momentáneamente (promedio de 22 minutos aprox./día) tan sólo 10 turbinas consideradas como de alto riesgo, en seis de los 13 parques. Para este caso las pérdidas de producción energéticas bajo este tratamiento fueron de 0,07 anual (228, 232), lo que podría reducirse, en la medida que logre ajustarse la detección de los momentos en los cuales deberían llevarse a cabo las detenciones de los aerogeneradores.

El uso de radares y modelos predictivos ha sido estudiado como herramientas para definir los momentos en que correspondería realizar las detenciones. Los primeros han resultado ineficaces y costosos (Miguel Ferrer, com. pers. Taller de expertos. Santiago, Julio 2014.) en tanto que los segundos requieren de diversos datos que permitan predecir en qué momento se producirán los eventos, lo que complica su implementación.

Se propone que la mejor manera de poner en práctica esta medida es por medio de la observación directa, por parte de personal de terreno entrenado que se encargará de determinar y avisar la necesidad de detener un aerogenerador en particular, cuando el peligro ha sido detectado (Figura 23) (246); no obstante esta medida sería mayormente aplicable para aves de gran tamaño o bandadas, por ser estas potencialmente identificables por un observador en terreno, y su uso se verá limitado en situaciones de baja visibilidad (neblina, lluvia, etc).

Otra herramienta de utilidad, tanto más factible de utilizar, es la adopción de la medida en relación a los resultados del seguimiento, el cual entregaría información acerca de las turbinas en las cuales se producen la mayor cantidad de colisiones y las situaciones o circunstancias en que éstas ocurren. Para ello resulta fundamental contar con una metodología de seguimiento rigurosa, que permita identificar acuciosamente el momento adecuado para aplicar la medida. Una vez que la medida es aplicada en el parque eólico, se sugiere llevar a cabo una evaluación del éxito de la misma, para luego ajustar los períodos de detención y las turbinas involucradas (16) (Figura 24).

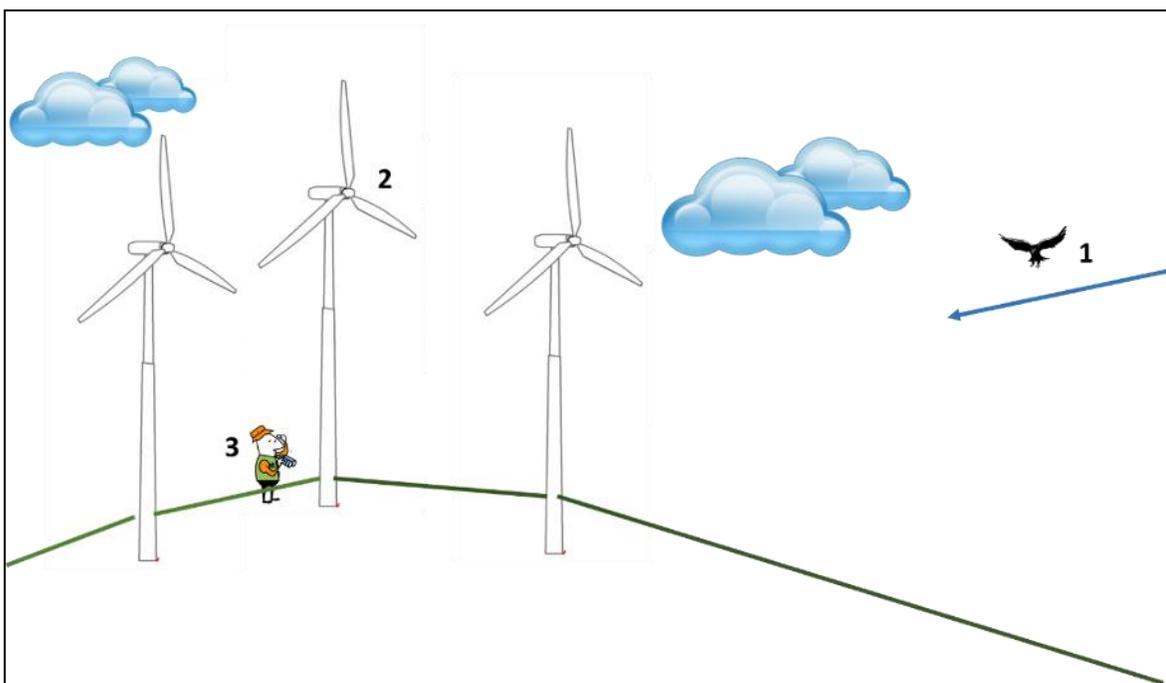
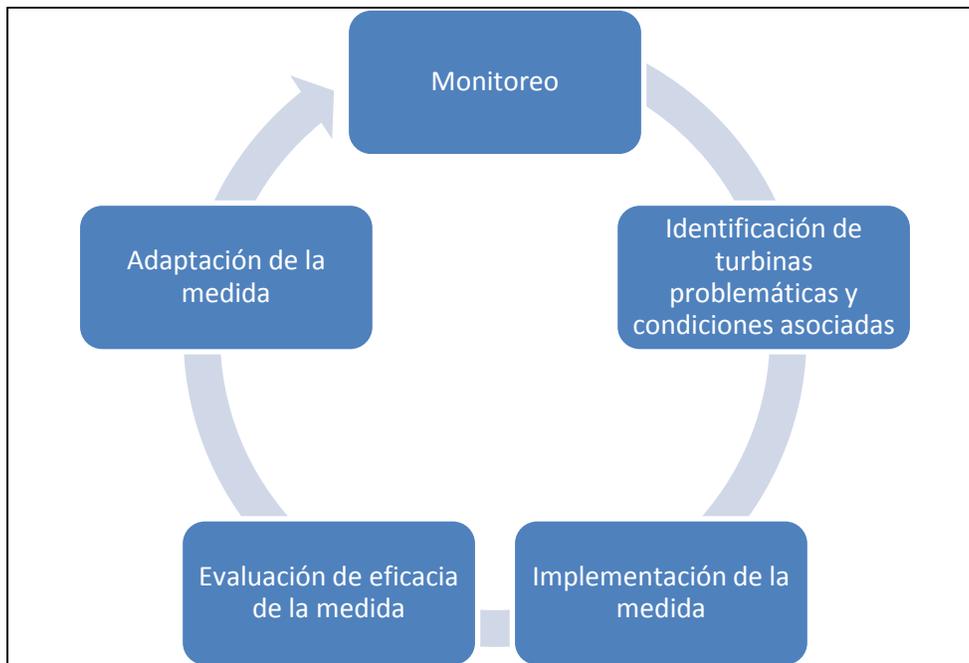


Figura 23: Esquema que ejemplifica detención de aerogeneradores por medio del aviso de personal entrenado en terreno: 1. Ave volando en dirección a la turbina considerada como peligrosa; 2. Turbina peligrosa; 3. Persona entrenada que avisa la detención del aerogenerador. Fuente: Elaboración propia.

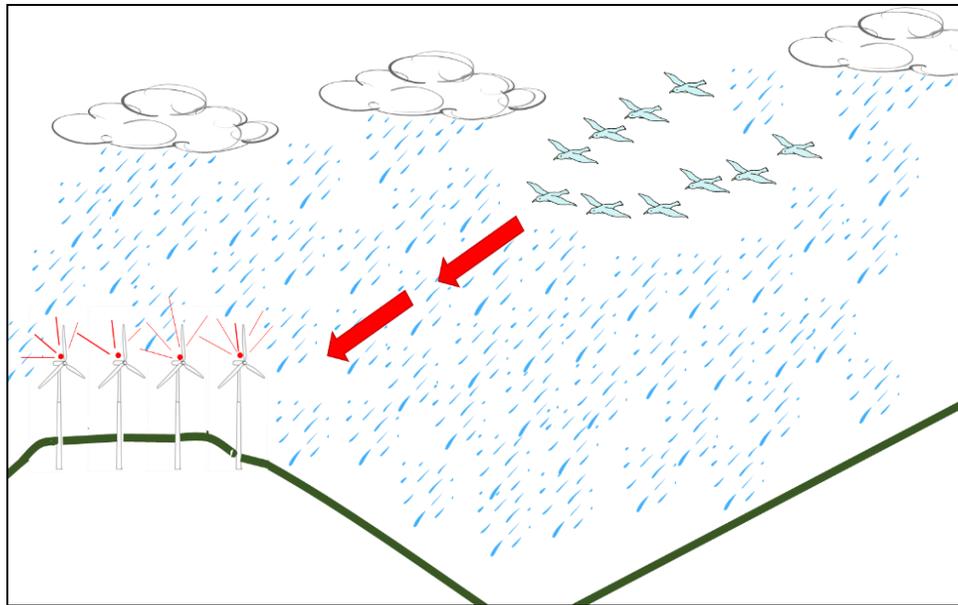


**Figura 24: Esquema de aplicación de la medida de mitigación basado en los datos obtenidos del monitoreo. Fuente: Elaboración propia.**

A nivel nacional, esta medida aún no ha sido aplicada, no existiendo datos respecto a las pérdidas energéticas o costos operacionales que esta pudiera implicar. Se aconseja considerar su implementación en lugares donde se registren mortalidades sistemáticas de aves, ya que internacionalmente ha probado ser la mejor medida de mitigación existente en la actualidad.

### Uso de luces de navegación

El uso de luces de navegación responde a una exigencia normativa de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), que indica que cualquier estructura que mida 45m o más debe considerar el uso de luces de navegación (Decreto 173/2004) (212). Algunas publicaciones indican que estas podrían atraer a las aves durante períodos de mal tiempo, ya que su iluminación permitiría identificar posibles lugares de detención, lo que haría que las aves se acercasen peligrosamente a los aerogeneradores en la búsqueda de un lugar donde detenerse en la espera de que mejoren las condiciones (15, 16, 24, 27, 42, 217) (Figura 25). Cabe destacar, que hasta la fecha aún no existe evidencia de que las luces atraigan o tengan influencia alguna en la manifestación de colisiones de murciélagos con aspas (09, 32, 206).



**Figura 25: Esquema que muestra cómo las aves se verían atraídas por las luces de aeronáutica bajo condiciones de mal tiempo. Fuente: Elaboración propia.**

A nivel internacional se postula que la intensidad de la luz y la frecuencia con la que esta se emita, serían factores más importantes que el color (generalmente rojo o blanco); indicándose que cuanto más largo es el período de oscuridad entre destellos de luz, las aves serían menos propensas a sentirse atraídas o desorientadas (16, 25, 40, 43, 217).

A nivel nacional, la DGAC permite el uso de tres tipos de luces para las estructuras de estas características, de tipo A, B y C. Las A son blancas- mediana intensidad- con destellos simultáneos, las B son rojas –mediana intensidad- con destellos simultáneos (solas o en combinación con luces de baja intensidad) y las C son rojas fijas-mediana intensidad (212). En base a las alternativas disponibles, se sugiere el uso de luces tipo A y B (siempre que no sean usadas con luces de baja intensidad, dado que estas son de tipo continuo), las cuales resultarían menos atractivas y por ende, menos peligrosas para aves.

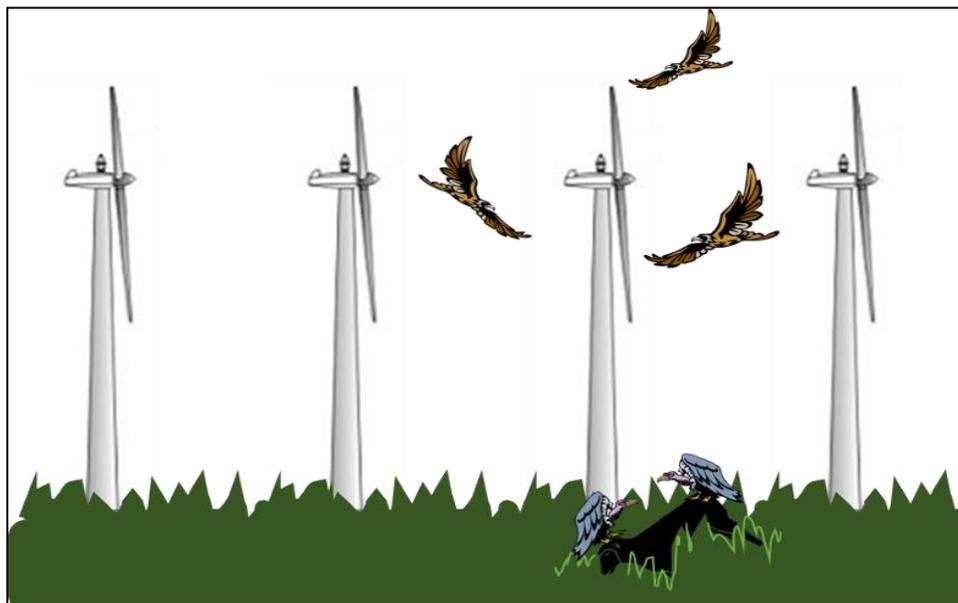
Se aconseja que las luces de navegación se ubiquen en la góndola de la turbina, evitando al máximo la iluminación a nivel de suelo. Además, se propone iluminar solamente las turbinas de los extremos (delimitando así la forma del parque) y que todas las luces se disparen de manera sincronizada. Asimismo, se sugiere que el resto de la iluminación del parque se encienda por medio de sensores, a fin reducir al mínimo la contaminación lumínica del área (217).

### Remoción de carcasas

Dado que las aves carroñeras se verán atraídas por la presencia de carcasas al interior del parque, se recomienda la adopción de medidas que dificulten su aparición, como la exclusión de ganado al interior del parque. En caso de que esto no sea posible, se recomienda la más pronta remoción una vez hallada una carcasa de ganado doméstico, animal atropellado o colisionado (25). De esta

manera se evitará la atracción artificial de una cantidad elevada de individuos pertenecientes a especies susceptibles de colisión, disminuyendo en igual medida la probabilidad de colisión con aerogeneradores (Figura 26).

Se sugiere capacitar al personal de operación del parque eólico en relación al procedimiento a seguir una vez encontrada una carcasa. Esta medida es de fácil aplicación, por lo cual se recomienda su aplicación a nivel nacional.



**Figura 26: Atracción de una carcasa sobre aves carroñeras y el incremento de la probabilidad de colisión que esta representa. Fuente: Elaboración propia.**

## MURCIÉLAGOS

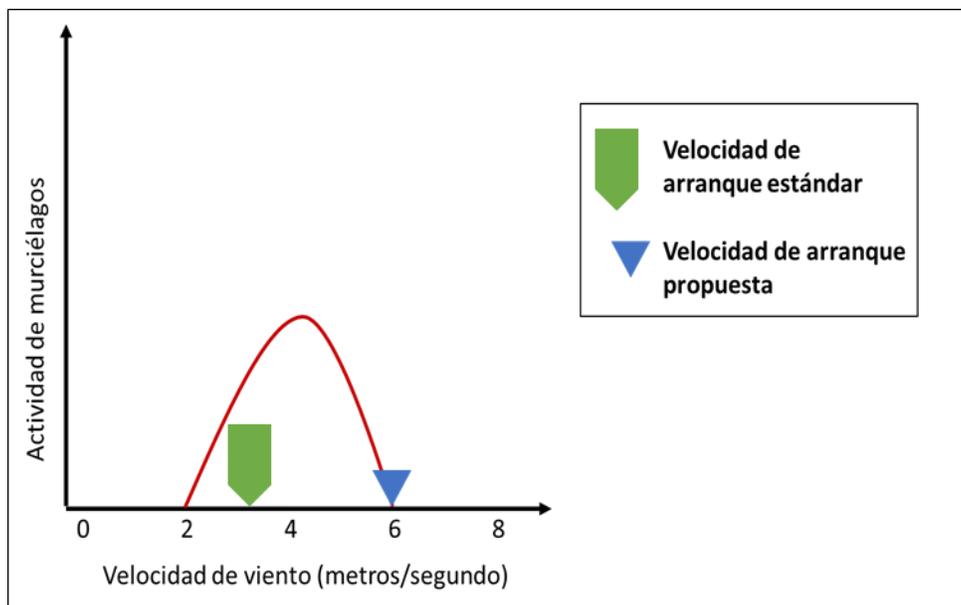
### 2.2. Impacto colisión-barotrauma

#### Aumento de la velocidad de arranque

El aumento de la velocidad de arranque es una medida de mitigación que consiste en evitar el funcionamiento de aquellos aerogeneradores considerados como problemáticos (aquellos que han registrado mortalidades) durante los períodos en los cuales los murciélagos registran una mayor actividad, lo cual se consigue aumentando el umbral de velocidad de viento requerido para que los aerogeneradores comiencen a operar (Figura 27).

Para la mayoría de los aerogeneradores comercializados actualmente, la velocidad de arranque fluctúa entre 3,5 – 4m/s, rango que se superpone con las velocidades en las cuales lo murciélagos

poseen mayor actividad. Si dicho umbral es aumentado a 6m/s en aquellos aerogeneradores que han demostrado ser peligrosos, se evitaría dicho traslape, disminuyéndose de manera significativa las colisiones de murciélagos (01, 04, 05, 14, 16, 18, 19, 25, 43, 214, 225).



**Figura 27:** Esquema que ejemplifica el rango de velocidad de viento en el cual lo murciélagos presentan mayor actividad y cómo se evitarían colisiones al aumentar la velocidad de arranque de 3,5-4m/s a 6m/s. Cabe mencionar el fin explicativo de la figura, por lo cual el gráfico no debe ser considerado como realista. Fuente: Elaboración propia.

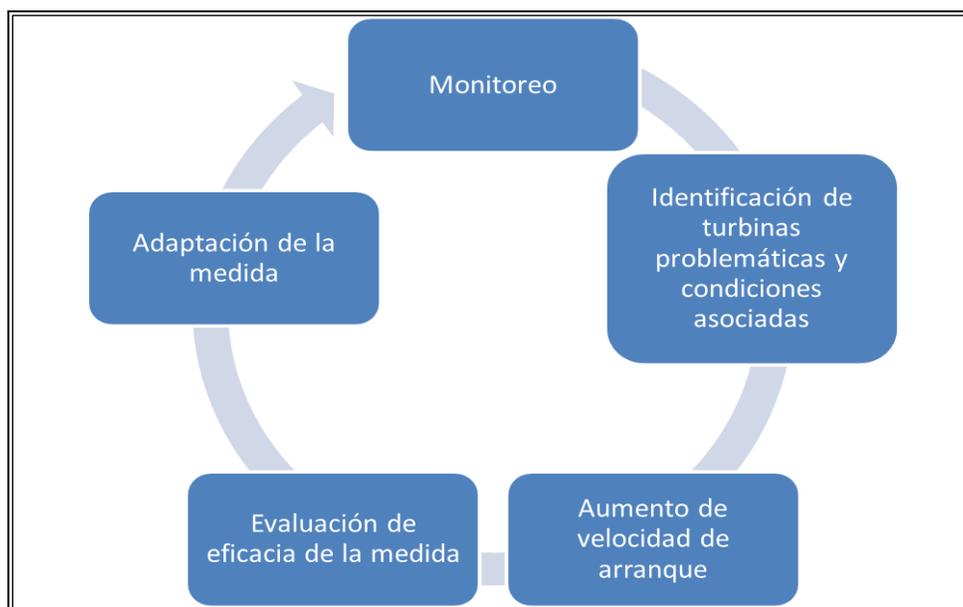
La aplicación estaría limitada a momentos “específicos” de tiempo, que podrían ser cada vez más acotados, dependiendo de la exactitud de los datos que hayan sido recogidos para la actividad de murciélagos en un área determinada.

En relación a los costos económicos de la aplicación de esta medida, se describe que estos serían más bien de tipo marginal, pudiendo incluso ser menores que la adopción de medidas compensatorias por muerte de ejemplares. Durante un estudio conducido en 12 aerogeneradores, durante 76 días, se estimó que la pérdida como resultado del aumento de cut-in speed a 5m/s, en un período de tiempo comprendido por media hora antes de la puesta del sol y media hora después de la salida del sol, generó una pérdida aproximadamente del 2% de la producción total. Si este tratamiento se hubiera aplicado a la totalidad del parque, la pérdida hubiera sido del 3% (19). No obstante lo anterior, cabe señalar que si bien esta medida ha sido aplicada y cuantificada económicamente a nivel internacional, no existen datos que permitan estimar su costo económico a nivel nacional.

Para aplicar esta medida, se sugiere llevar a cabo un monitoreo que entregue información detallada acerca de los momentos de mayor actividad de murciélagos en la zona del parque eólico, así como también la identificación de los aerogeneradores que concentran las mortalidades.

Disponiendo de esta información, la medida podría implementarse en un aerogenerador, varios o en todo el parque. Se aconseja que una vez implementada la medida se evalúe la efectividad de la misma, de manera de poder acotar su uso lo más posible, a fin de disminuir tanto las mortalidades de quirópteros como los costos económicos asociados a la pérdida de producción de energía (Figura 28).

Actualmente no existen registros acerca de la aplicación de esta medida a nivel nacional, pues aparentemente no ha sido implementada. No obstante, aquellos lugares donde se registren mortalidades elevadas de murciélagos, durante períodos específicos de tiempo podrían verse beneficiados con su utilización.



**Figura 28:** Esquema de aplicación de la medida de mitigación. Fuente: Elaboración propia

### 3. MEDIDAS DE MITIGACIÓN NO RECOMENDADAS

En el presente apartado se presentan algunas medidas de mitigación que, habiendo sido identificadas en el desarrollo de la consultoría, no presentaron prueba de su eficacia. Sin embargo, se considera relevante describir sus características, aspectos positivos y negativos, en consideración a que las medidas de mitigación son dinámicas y las falencias de una medida pueden ser revertidas en corto tiempo.

Téngase presente que las medidas anteriormente propuestas han sido evaluadas como las más convenientes en la generalidad de los casos, no obstante, en situaciones específicas estas podrían resultar inadecuadas. De igual manera, las medidas que se presentan a continuación no son recomendadas como medida general, sin embargo, su uso en circunstancias específicas podría ser efectivo. Idealmente, ambas cosas debieran ser evaluadas siguiendo el método científico y ser debidamente justificadas en las circunstancias específicas en las que se prevé su aplicación.

#### 3.1. PROYECTOS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA

##### AVES

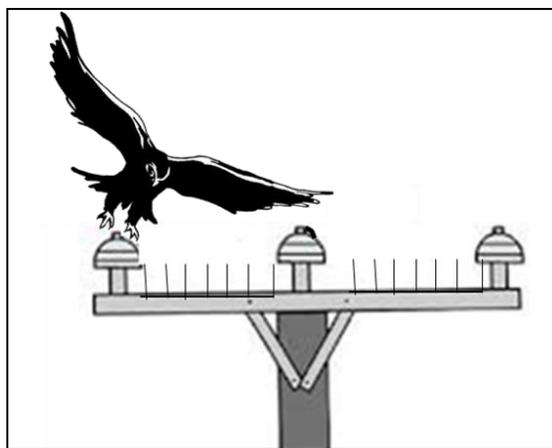
##### 3.1.1. Impacto electrocución

##### Disuasores de posada o guardaperchas

El uso de disuasores de posada tiene como objetivo evitar que las aves se perchen en postes con configuraciones peligrosas (06). No obstante, debido a su escasa utilidad, estos dispositivos han sido descartados a nivel internacional como medida para la mitigación de electrocuciones (03, 33, 35).

La experiencia con el uso de estos disuasores ha demostrado que las aves se posan de todas maneras sobre ellos y a su alrededor (03, 33, 35), aumentando incluso la peligrosidad de las estructuras, dado que facilitan el contacto del ave con las partes energizadas al intentar evadirlos o posarse sobre ellos (33) (Tabla 6 y Figura 29). Ejemplo de esto es la experiencia documentada en una región de Mongolia, donde se implementaron estos dispositivos en el 45% de los postes a lo largo de una línea de 140km y finalmente se documentó que el 50% de las carcasas de rapaces encontradas en esta línea estaban bajo los postes con dispositivos disuasores de posada (33).

La medida es ampliamente utilizada en Chile porque se asume que con su aplicación las aves no se posarían en las estructuras, con lo que se prevendría la generación de rutas de fallo ocasionadas por las deyecciones de aves sobre los aisladores, sin considerar la peligrosidad de ésta para las aves, lo cual ha sido demostrado por la experiencia internacional (Figura 29).



**Figura 29: Muestra como el ave tomaría contacto con estructuras energizadas al evitar hacer contacto con los disuasores de posada, en este caso tipo peine. Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla 6: Tipos de disuasores de posada y sus características.**

Tipo	Colocación	Efecto	Material	Costo	Eficacia	Equipo de trabajo y tiempo de instalación
Barandillas finas	En el extremo de la cruceta, por encima del aislador suspendido	Dificultar contacto fase-tierra	Metal	Bajo	No suficientemente contrastada	Dos personas. 5 minutos por poste
Triangulo de plástico	En el extremo de la cruceta, por encima del aislador suspendido	Dificultar contacto fase-tierra	Plástico	Bajo	No suficientemente contrastada	Dos personas. 5 minutos por poste
Abrazadera en peine sobre cruceta	Cuatro abrazaderas en el extremo de la cruceta, por encima del aislados suspendido	Dificultar contacto fase-tierra	Plástico	Bajo	No suficientemente contrastada	Dos personas. 5 minutos por poste
Peinetas de plástico verticales	En el extremo de la cruceta por encima de los puentes interiores	Dificultar contacto fase-tierra	Plástico	Bajo	Mala	Dos personas. 5 minutos por poste
Varillas blancas verticales	8 varillas sobre un seccionador en cabecera	Dificultar el contacto fase-fase o fase-tierra	Plástico	Moderado	Mala	Dos personas. 20 minutos por poste

Tipo	Colocación	Efecto	Material	Costo	Eficacia	Equipo de trabajo y tiempo de instalación
Posaderos en "T" en lo alto del apoyo	En la parte alta del apoyo	Dificultar contacto fase-tierra	Metal	Moderado	Mala	Dos personas. Tiempo desconocido
Posaderos tipo "T" en la punta de la cruceta	En la punta de la cruceta	Dificultar contacto fase-tierra	Metal	Moderado	Mala	Dos personas. Tiempo desconocido
Posadero rectangular	En el extremo de la cruceta	Dificultar contacto fase-tierra	Metal	Desconocido	Desconocido	Desconocido
Escobilla o peineta	En el extremo de la cruceta	Dificultar contacto fase-tierra	Metal	Desconocido	Mala	Desconocido
Tirantes en combinación con posadero	En postes con posadero, formando un triángulo con el posadero (o el pilar) y la cruceta	Dificultar contacto fase-tierra	Metal u otros	Bajo	Mala	Dos Personas. 10 minutos por poste
Pletina inclinada	En el extremo de la cruceta colocada en ángulo con la cruceta	Dificultar contacto fase-tierra	Plástico	Bajo	No suficientemente contrastada	Dos personas. 5 minutos por poste

Fuente: Elaboración propia basada en información extraída de 03.

## Perchas alternativas y plataformas de anidación

El propósito de estos dispositivos es disminuir el riesgo de electrocución proporcionando estructuras seguras para que las aves se perchen o aniden (Figura 30) (33). Sin embargo, son consideradas como de escasa utilidad y difícil aplicación, puesto que el riesgo de electrocución estará determinando principalmente por el tipo de diseño del poste. Una estructura de estas características, situada en un poste peligroso (donde el ave pueda tomar contacto simultaneo conductor-conductor, o conductor-tierra o bien construido en material conductor), no logrará evitar ni disminuir el riesgo de electrocución de manera efectiva, por lo que sería más aconsejable llevar a cabo una mejor aislación de las estructuras (Miguel Ferrer, com. pers. Taller de expertos. Santiago, Julio 2014.). Algo similar ocurriría con la instalación de postes no energizados en aquellos lugares que carecen de perchas naturales; puesto que si bien estos ofrecen una alternativa de perchaje, no eliminan ni la probabilidad ni el riesgo de que ocurra un evento de electrocución, dado que no asegura que las aves decidan posarse solamente en estas, existiendo siempre la probabilidad de uso las postes considerados como peligrosos que no han sido debidamente modificados.

Las plataformas de anidación requerirían de constantes mantenciones, dado que es muy importante evitar que tanto el material de anidación como las deyecciones no tomen contacto con las estructuras energizadas. Además siempre debería acompañarse del manejo de la especie invasora *Myopsitta monachus*, evitando que construya nidos en estas estructuras (35).



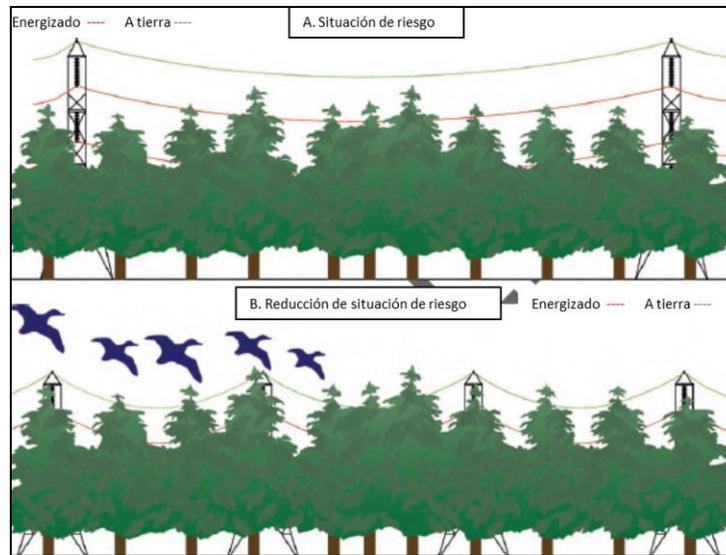
**Figura 30:** Izquierda: Ave posada en percha segura. Derecha. Ave llegando a plataforma de anidación.  
**Fuente:** Modificado de 24.

### 3.1.2. Impacto colisión

#### Plantación de pantallas vegetales

Esta acción consiste en la plantación de árboles paralelamente a un tendido eléctrico, facilitando que las aves lo eviten, al evitar la pantalla vegetal adyacente, que es mucho más visible (24, 33, 229) (Figura 31).

Esta acción requeriría de medidas de mitigación adicionales durante el tiempo requerido para que los árboles alcanzaran la altura deseada; además sería necesario llevar a cabo constantes mantenciones para podar los árboles en forma columnar y controlar su altura, a fin de evitar que comprometiesen la faja de seguridad (229). Asimismo se plantea la inquietud de que podría incitar a las aves a acercarse a habitar en estos lugares, aumentando la frecuencia de vuelos por sobre el tendido y consecuentemente, el riesgo de colisión. Debido a todo lo anteriormente expuesto la medida no es recomendada dentro de la presente propuesta.



**Figura 31:** Mitad superior: Se muestra una situación riesgosa en la cual los cables están por sobre la altura de los árboles. Mitad inferior: Se grafica cómo el riesgo sería reducido al hacer que la altura de los árboles supere la de los cables, obligando a las aves a pasar por sobre estos. Fuente: Modificado de 229.

## 3.2. PROYECTOS DE GENERACIÓN EÓLICA

### AVES

#### 3.2.1. Impacto colisión

##### Pintado de aspas

El pintado de las aspas de los aerogeneradores con colores contrastantes tendría como objetivo evitar el efecto de borrosidad que se produce cuando estas giran, lo que impide la individualización de las aspas, mimetizándolas con el fondo. Se postula que esta dificultad de identificar dicho objeto en movimiento explicaría la colisión de las aves contra el mismo (01, 16, 25, 42).

Se han barajado diversas formas para el pintado de las aspas, pero ninguna ha probado ser efectiva evitando las colisiones en situaciones reales. Los escasos estudios que postulan el uso de esta medida han sido llevados a cabo como experimentos de laboratorio, no considerando los efectos de la iluminación, fondo, diferencias entre especies, distancia y otros tantos factores que podrían influir en su efectividad (220).



**Figura 32: Fotografía de aspas de un aerogenerador en movimiento, pese a tenerlas pintadas. Fuente: <https://www.ewind.com>**

El uso de pinturas UV, mencionado frecuentemente como medida de mitigación, incluso aumentaría las colisiones en un 52%, debido a diferencias de captación en la longitud de onda del UV entre distintas especie aves (25), en tanto que el uso de pinturas antireflectante sería solamente una medida dirigida a evitar al ojo humano la molestia de la visualización del reflejo de las aspas (219), sin tener mayor efecto en el ojo de las aves.

### Modificación de hábitat

Modificar el hábitat para hacer más atractivo el ambiente que se encuentra fuera del sitio de emplazamiento del parque y menos interesante el que se encuentra al interior del mismo, tendría como objetivo reducir el uso del lugar de riesgo (parque eólico) por parte de las aves (12, 25, 27, 42, 204).

Esta modificación se basaría principalmente en disminuir las perchas tanto artificiales como naturales dentro del parque, y cortar la maleza para disminuir el hábitat disponible para posibles presas. En tanto que fuera del parque se tendrían que aumentar las opciones de perchaje, así como también disminuir la fragmentación y la abundancia de especies invasoras (12, 25, 27, 42, 204).

La inconveniencia de esta medida está dada por diversas inquietudes que se plantean a continuación. La adecuación del área exterior podría resultar atractiva para especies de aves que no habitaban regularmente en la zona, aumentando consecuentemente el número de aves propensas a colisionar. De igual manera, al cortar la maleza al interior del parque se disminuiría la presencia de presas tales como los roedores, pero se facilitaría la presencia de especies de aves que forrajean en el suelo y que también son consideradas como presas por las aves cazadoras (217). Además, se generarían nuevos impactos sobre otros componentes (ej. flora, suelo), lo que conllevaría una serie de implicancias para los proyectos y podría significar una afectación mayor a

la considerada inicialmente sobre la diversidad biológica del área del proyecto. Finalmente y en consideración a que son algunos aerogeneradores específicos aquellos que explican la mayor parte de la mortalidad ocasionada por un parque eólico, no parece pertinente convertir artificialmente en excluyentes, a aves y parques eólicos (Miguel Ferrer, com. pers. Taller de expertos. Santiago, Julio 2014.).

## Disuasores de sonido

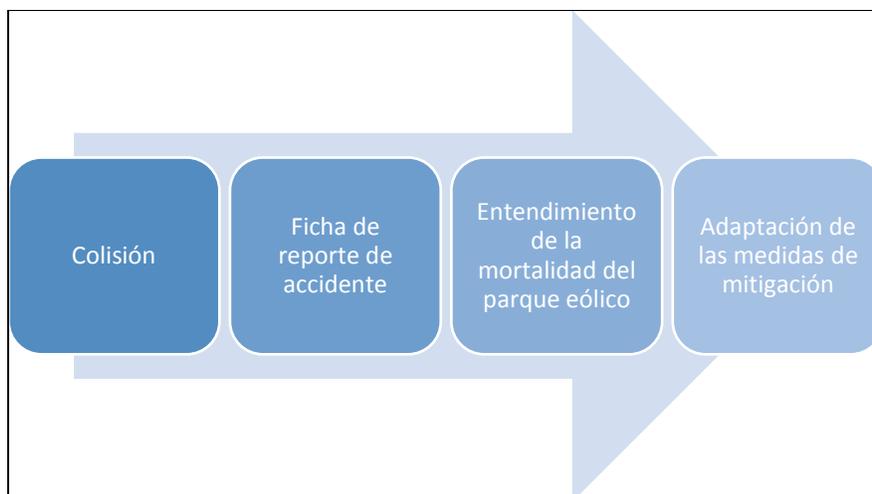
Otra acción muchas veces mencionadas en la tramitación de proyectos en el SEIA ha sido el uso de disuasores de sonido para evitar que las aves se acerquen a los parques eólicos. Estos sonidos suelen basarse en vocalizaciones de advertencia de peligro, o en vocalizaciones de depredadores (230). Hasta la fecha, no existe evidencia que garantice su eficacia, principalmente debido a la rápida adaptación que las aves presentan ante dichos sonidos, describiéndose incluso efectos indeseados en ciertas especies como las gaviotas, las cuales han manifestado reacciones contrarias a las esperadas (30). De igual manera, los sonidos sin componente biológico, tales como cañonazos u algunos otros sonidos estridentes, también producen acostumbamiento en las aves, por lo que tampoco resultan de utilidad (24, 230).

Dentro de este grupo se cuentan a los disuasores de ultrasonido, que tampoco han demostrado ser eficaces, debido a que las frecuencias emitidas no son captadas de igual manera por todas las especies de aves, siendo incluso inaudibles para muchas de ellas. Adicionalmente la capacidad de disipación de dichos sonidos se ve fácilmente afectada por la dirección del viento y la temperatura (24, 30, 230), no existiendo evidencia que permita recomendar esta acción como una medida de mitigación eficaz.

## Planes de contingencia

Los Planes de contingencia para aves accidentadas, presentes en la mayoría de los proyectos ingresados al SEIA, tienen como objetivo recuperar o rehabilitar ejemplares heridos por colisiones. Aunque se reconoce que, en casos muy específicos, el rescate y rehabilitación de individuos puede cobrar relevancia en términos de conservación (Ej. especies críticamente amenazadas), esta estrategia está lejos de ser adecuada para la mitigación global de los impactos ocasionados por parques eólicos puesto que no disminuye ni la probabilidad del impacto, ni su magnitud. Más aún si se considera que los hallazgos son una muestra superficial de la magnitud real de las colisiones que ocurren en un parque eólico (11).

El hallazgo de aves colisionadas, más que posibilitar la recuperación del ejemplar accidentado, debe ser entendido como una herramienta para la comprensión de los factores involucrados en la ocurrencia de impactos en un proyecto específico, en cuanto a la identidad de la especie, de la estructura y factores temporales, entre otros (Figura 33).



**Figura 33: Esquema que representa el flujo de información que el hallazgo de aves accidentadas debería seguir para aportar al entendimiento de la ocurrencia del impacto. Fuente: Elaboración propia.**

## MURCIÉLAGOS

### 3.2.2. Impacto colisión

#### Emisores de sonido de baja frecuencia

Los emisores de sonido de baja frecuencia pretenden disuadir a los murciélagos de acercarse a los parques eólicos, por medio de la transmisión de señales electromagnéticas que interferirían con su capacidad de ecolocalización (214).

Si bien el único estudio publicado acerca del uso de esta tecnología probó disminuir las fatalidades entre un 2-64% en las turbinas tratadas y que aquello parece promisorio para la aplicabilidad de la medida en el futuro, existen aún reparos metodológicos que dificultan su uso. A saber, los dispositivos emisores han probado verse afectados por la presencia de humedad en el área (>80%), además de verse limitados por la distancia y el área en la cual se disipan las ondas emitidas. También es necesario mejorar aspectos tales como ubicación, orientación y costo de mantenimiento. Adicionalmente se plantea que podrían tener un efecto especie-específico, aspecto que también limitaría su aplicación (214).

Dado que esta es una tecnología en desarrollo, se requiere de mayores estudios para poder ser recomendada como una medida de mitigación a nivel nacional.

### III. SEGUIMIENTO

Para efectos del SEIA, el Plan de Seguimiento tiene por finalidad asegurar que las variables ambientales relevantes que fueron objeto de evaluación ambiental, evolucionan según lo proyectado (D.S. 40/2012). Sin embargo, un seguimiento adecuado debiera, secundariamente, contribuir al cumplimiento de los siguientes objetivos:

- Determinar el impacto real ocasionado por un proyecto (10, 16, 25, 34).
- Comprender los factores estructurales, temporales y espaciales implicados en la ocurrencia de los impactos (34).
- Evaluar la precisión de la mortalidad estimada previamente (25).
- Evaluar la eficacia de las medidas previamente adoptadas (16, 25, 34, 40).
- Pesquisar la ocurrencia de impactos no previstos (16, 34)

Si bien la adopción de medidas de mitigación es una etapa que precede a la ejecución del seguimiento, es necesario tener presente que la “oportunidad de implementación” de algunas de las medidas propuestas requieren, necesariamente, basarse en la información obtenida mediante la ejecución del seguimiento.

A modo de ejemplo, la implementación de la medida “aumento de la velocidad de arranque” pudiera parecer sobredimensionada si se aplica a tiempo completo a la totalidad de un parque eólico, pues conllevaría un alto costo de implementación por la vía de reducción de la capacidad de generación. Sin embargo, la misma medida, implementada en base a los resultados del seguimiento, permitiría acotar el número de aerogeneradores, horarios, fechas y condiciones ambientales en las cuales se hace necesaria su implementación, disminuyendo de manera considerable los impactos de ésta en la producción energética (19).

La lógica adaptativa anteriormente descrita, en la cual el conocimiento obtenido a través del seguimiento posibilita la toma de decisiones acertadas y, a su vez, sienta las bases para la planificación de proyectos futuros (05), cobra especial relevancia a la luz de la experiencia española, donde se ha observado que no existe correlación entre lo predicho por los EIA y los impactos reales registrados en parques eólicos (243). Experiencias desarrolladas bajo esta lógica parecen comenzar a implementarse en Chile como parte de proyectos eólicos en desarrollo. Estas han sido adoptadas, en términos generales, de manera voluntaria por titulares de empresas en respuesta a sus propias experiencias fuera del país (199; Taller de expertos. Santiago, Julio, 2014), sin embargo, se desconocen aún sus resultados a nivel local.

Para efectos del SEIA, el seguimiento se restringe a la medición de una variable de interés con posterioridad a la ocurrencia del impacto previsto. Sin embargo, un alcance de enfoque relevante para la ejecución de un seguimiento conducente es la consideración de estudios previos a la implementación del proyecto y grupos control, de acuerdo al diseño BACI<sup>4</sup> (10, 34).

Los métodos para el seguimiento varían en función de la variable de interés (ej. Riqueza de especies, abundancia de una especie indicadora, diversidad biológica, mortalidad anual de aves, etc.), considerando desde transectos de observación de aves al estudio acústico de quirópteros

---

<sup>4</sup> BACI: “Before, after, control, impact”. En castellano, “antes, después, control, impacto”.

(10, 25, 28, 34, 45, 48, 57). Sin embargo, el método por excelencia utilizado para evaluar la mortalidad derivada de la ocurrencia de los impactos abordados por la presente propuesta, es la búsqueda de carcassas (21, 25).

No obstante lo anterior, cabe consignar que estudios cuyos objetivos incluyan la evaluación de otros impactos ocasionados por proyectos eólicos y de transmisión (enunciados en la descripción de impactos, pero no abordados en la presente consultoría), deberían considerar métodos complementarios a la sola búsqueda de carcassas. De igual manera, estudios interesados en ponderar la importancia relativa de las mortalidades generadas por un proyecto, requerirán de métodos específicos para aquello.

## 1. EVALUACIÓN DE MORTALIDAD MEDIANTE BÚSQUEDA DE CARCASSAS

La búsqueda de carcassas es una técnica ampliamente utilizada para el seguimiento de la mortalidad de aves y murciélagos ocasionada por líneas de transmisión y parques eólicos; que consiste en la recolección periódica, habitualmente mediante recorridos pedestres, de ejemplares impactados por las estructuras de un proyecto (16, 21, 25).

Una de las premisas del método es que las carcassas registradas representan una porción mínima de los ejemplares realmente impactados (21, 25), dada la acción de una serie de factores entre los que destacan la remoción por carroñeros y la eficiencia de búsqueda de los investigadores. En consecuencia, un elemento inherente al método es la corrección de los datos en función de los sesgos identificados (10, 15, 21, 23, 25). La consideración de las carcassas encontradas como un resultado en sí mismo (es decir, sin corregir los datos por frecuencia de búsqueda, eficiencia de investigadores, tasa de remoción de carcassas, etc.) resultará en una subestimación severa de la magnitud real del impacto y, en consecuencia, en una interpretación errada de ésta (10, 12, 15, 21, 23, 25, 217), situación que a la fecha parece ser común en Chile.

Si bien la búsqueda de carcassas es habitualmente realizada por investigadores en terreno, cabe consignar que la utilización de perros adiestrados ha demostrado aumentar considerablemente la eficiencia de búsqueda de carcassas en parques eólicos, lo que incrementa la precisión de los resultados obtenidos (02). En contraparte, el aumento de la eficiencia es relativamente poco duradero, pues los perros desarrollan preferencias por cierto tipo de carcassas, lo cual genera un sesgo en los hallazgos (Cris Hein, com. pers. Taller de expertos. Santiago, Julio 2014.).

### 1.1. Consideraciones de diseño

La mortalidad ocasionada por líneas de transmisión y parques eólicos presenta considerables variaciones temporales y espaciales. Es así como la mortalidad de un mismo aerogenerador puede ser muy distinta en diferentes épocas del año y, a la vez, la mortalidad de dos aerogeneradores pertenecientes a un mismo parque puede ser muy distinta entre sí, existiendo en ambos casos una distribución de *Poisson* (243). Esto conlleva a que el diseño del seguimiento debe ser capaz de dar cuenta de esa variabilidad, a través de su cobertura espacial y temporal.

Atendiendo a la heterogeneidad en la mortalidad de distintos aerogeneradores o tramos de un mismo tendido, se recomienda que durante el primer año de seguimiento se vele por cubrir la totalidad del proyecto, con el fin de identificar sectores o estructuras problemáticas en las cuales se concentrará el esfuerzo a partir del segundo año (16). La cobertura reducida debería representar entre 10-30% del total del proyecto y velar por abarcar los diferentes tipos de ambientes presentes en éste (16, 25).

La duración inicial recomendada para estudios de mortalidad mediante búsqueda de carcasas es de 3 años como mínimo, atendiendo a la variabilidad inter-anual existente en la mortalidad de aves y murciélagos (16). Con posterioridad a los 3 años se recomienda determinar estructuras, fechas u otras condiciones en las cuales sea pertinente continuar con el monitoreo (25).

Se sugiere que la recopilación de datos se realice durante las cuatro estaciones del año, de manera de dar cuenta de la presencia estacional de especies migratorias, especies pertenecientes a aquellos grupos descritos como con alta probabilidad de sufrir impactos y especies catalogadas como raras o de baja densidad poblacional.

La frecuencia de búsqueda de carcasas recomendada es “la mayor que sea posible”, siendo frecuentes las revisiones diarias o cada 2-3 días. Sin embargo, una frecuencia mensual es suficiente como para caracterizar la variación intra-anual de la mortalidad (16, 65). En cualquier caso, la frecuencia de búsqueda debería adaptarse en función de los resultados de los experimentos de remoción de carcasas.

Los monitoreos deberían ser liderados por profesionales del área, los cuales deben contar con los materiales y equipos adecuados, así como con los permisos pertinentes (Permiso de captura de especies protegidas de fauna silvestre con fines de investigación - SAG<sup>5</sup>).

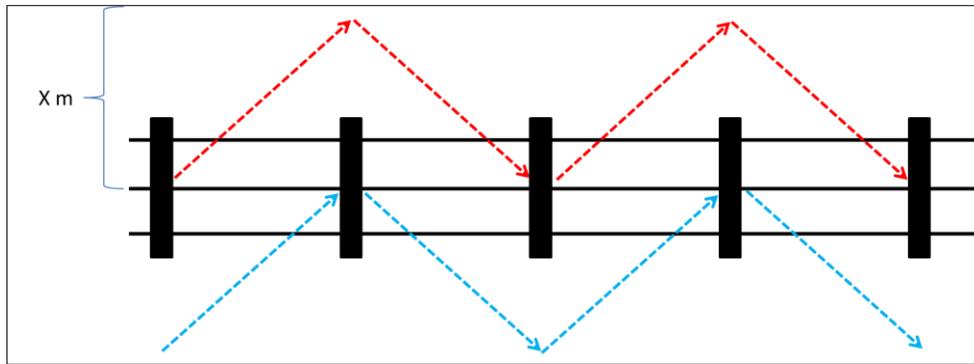
## 1.2. Proyectos de transmisión eléctrica

La búsqueda de carcasas como parte del seguimiento de líneas eléctricas debe realizarse teniendo presente los impactos inherentes al tendido evaluado, pues como la ocurrencia de electrocución y colisión se manifiesta en distintos tramos de los tendidos, será posible focalizar el esfuerzo de muestreo a las áreas correspondientes al impacto factible de ocurrir en el proyecto evaluado.

Sin embargo, también es posible utilizar una metodología de búsqueda que complementa ambos esfuerzos de muestreo. Se aconseja recorrer el tendido eléctrico como lo muestra la Figura 34. Dos investigadores avanzan a velocidad constante en forma de zigzag, interceptando cada uno de los postes de manera alternada. La distancia sugerida a abarcar, a cada lado del eje del tendido, es de 40-50m (06, 24, 30). Durante cada trayecto entre postes, los observadores pesquisarán la presencia de carcasas de individuos colisionados, mientras que al llegar al poste siguiente buscarán individuos electrocutados. Si bien este escenario es el habitual, los investigadores debieran indagar en la causa de muerte de cada ejemplar, siguiendo para ello las recomendaciones presentadas en la Tabla 7.

---

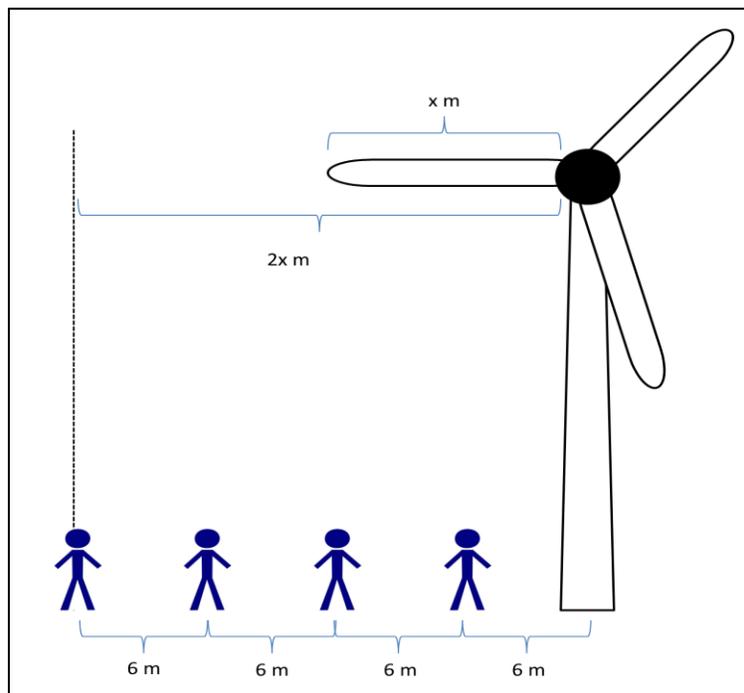
<sup>5</sup> Si bien la Ley de Caza regula las actividades de caza y captura, ninguna de las cuales incluye a la colecta de carcasas, se considera conveniente que la autoridad tome conocimiento de la actividad, para lo cual se propone la solicitud de un permiso de captura con fines científicos.



**Figura 34:** Esquema para la búsqueda de carcassas en líneas eléctricas, que permite pesquisar ejemplares colisionados y electrocutados. Las líneas azul y roja indican la trayectoria de los buscadores. Fuente: Extraído de 16.

### 1.3. Proyectos eólicos

La búsqueda de carcassas en proyectos eólicos se realiza mediante transectos circulares al pie de los aerogeneradores, para lo cual se puede utilizar una cuerda atada a la base del aerogenerador, que actúa como eje. Se recomienda que el largo de la cuerda sea el doble del largo de las aspas de los aerogeneradores y que los investigadores se dispongan cada 6 metros, a lo largo del eje de la cuerda (16). Cada observador debe realizar una búsqueda, a velocidad constante, observando hacia ambos lados de su eje de progresión (Figura 35).



**Figura 35:** Esquema que grafica la disposición de 4 observadores para la búsqueda de carcassas al pie de un aerogenerador. Fuente: Elaboración propia.

## 1.4. Registro de información

Se recomienda que los resultados de la búsqueda de carcasas sean registrados en una ficha de reporte como la que se presenta a continuación (Figura 36).

El encargado del seguimiento debería ser capaz de identificar diversas variables (ej. especie, edad del individuo accidentado, momento aproximado de muerte, etc.), a fin de poder recabar dicha información de manera precisa para su posterior análisis. Complementariamente, en el caso de líneas eléctricas, correspondería que pudiera identificar la causa de muerte del ejemplar (colisión o electrocución), cuyas nociones básicas se presentan en la Tabla 7.

Ficha de reporte de accidente		
Nombre del proyecto		
Región- Provincia- Comuna y/o localidad		
Fecha de la observación (día/mes/año)		
Nombre y contacto del observador		
Infraestructura responsable del impacto	Aerogenerador	
	Línea eléctrica	
	Torre meteorológica	
	Otra (indicar)	
UTM y sistema de proyección		
Localizado durante la prospección	Si	No
Nombre científico de la especie		
Sexo del individuo accidentado		
Edad del individuo accidentado	Cría	
	Juvenil/subadulto	
	Adulto	
	Indeterminado	
Momento aproximado de la muerte	Un día	
	Una semana	
	Un mes	
	Otro (indicar)	
Estado del cadáver	Reciente	
	Descompuesto	
	Huesos y restos	
	Depredado	
Descripción general del hábitat en un radio de 50 m		
Fotografía del ejemplar		
Observaciones		
Indicar la posición del cadáver respecto de la estructura más cercana (la parte superior del grafico representa el norte)		

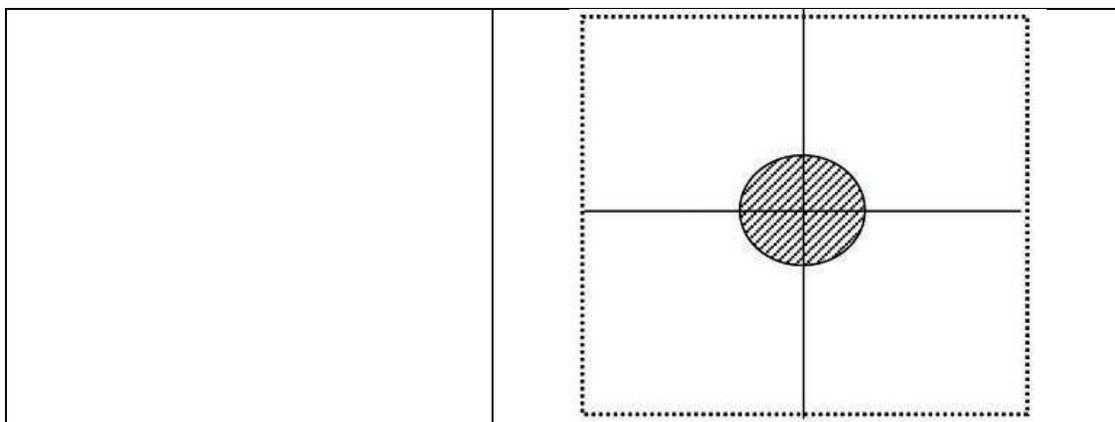


Figura 36: Ficha de reporte de accidentes. Fuente: Modificado de 16.

Tabla 7: Lesiones primarias y secundarias típicas de electrocuciones y colisiones.

Lesión	Electrocución	Colisión
Predominación de fractura de huesos	Fractura vertebral con paraplejia, fractura de cráneo, fractura de la pelvis.	Fractura de los huesos de las extremidades: alas, piernas, y huesos del hombro; fractura de vertebras, cráneo; extremidades arrancadas.
Daño al plumaje	Marcas de quemaduras: pequeñas, en forma de agujero, bien definidas; en caso de descarga en el arco se observarán grandes áreas de plumaje quemado.	Daño mecánico, como si hubiese sido arrancado o se hubieran quebrado las plumas; en casos raros se puede observar plumaje quemado por pequeños cortocircuitos.
Daño a la piel	Marcas de quemaduras: principalmente pequeñas partes chamuscadas que fueron el punto de ingreso y salida de la corriente. Si el ave sobrevive si tratamiento, el área se necrosará.	Piel abierta y desgarrada, músculos, tendones y tejido óseo expuestos; sin tratamiento inmediato, se desarrollarán infecciones y necrosis.
Daño secundario a las extremidades	Amplias áreas necróticas en las extremidades, afectadas por el flujo de corriente.	Áreas limitadas de necrosis, con heridas abiertas, tendones, músculos y huesos expuestos. Infección bacteriana.
Condición general de las aves heridas	Inicialmente: estado de shock, después se producirá daño irreversible por las extremidades perdidas.	Estado de shock, invalidez por las extremidades dañadas o daños secundario.

Fuente: Modificado de 33

## 1.5. Eficiencia de búsqueda y remoción por carroñeros

La remoción de carcasas por carroñeros o descomposición y la eficiencia de búsqueda de investigadores son las dos principales fuentes de error para la estimación de la mortalidad real de un proyecto (10, 15, 21, 23, 25).

Debido a que estos valores varían en función del tipo de ambiente y otras condiciones particulares de cada proyecto (color y tamaño de las especies presentes, estación del año, cobertura vegetal y relieve del sitio), es fundamental estimar valores singulares en cada caso, para lo cual se recomiendan los siguientes métodos:

- Determinación de la eficiencia de búsqueda de los investigadores: Corresponderá utilizar carcasas conocidas y georreferenciadas dentro del área de búsqueda, las cuales sean representativas de las especies presentes en el lugar (tamaño, color). Las carcasas deben distribuirse de manera aleatoria dentro del área, para luego contabilizar qué porcentaje de carcasas conocidas encontró cada investigador. Los ejercicios de búsqueda de carcasas deben realizarse estacionalmente, bajo un porcentaje representativo de los aerogeneradores en parques eólicos y de la longitud total de las líneas eléctricas. De la misma manera, deben realizarse estos experimentos en sitios con diferente composición vegetal (15, 16, 25).
- Determinación de la remoción de carcasas por depredadores y carroñeros: Se deben utilizar carcasas conocidas y representativas de las especies presentes en el lugar. Las carcasas son dispuestas de manera aleatoria bajo los aerogeneradores y georreferenciadas, para luego ser revisadas regularmente para estimar el número de días que estas demoran en ser removidas (25, 29)

Para ambos casos, las carcasas utilizadas en estos experimentos pueden corresponder a individuos previamente colectados dentro del área del proyecto, así como también a carcasas pertenecientes a especies exóticas adquiribles en el mercado.

## 1.6. Metodología para estimar mortalidad real de aves y murciélagos

Como se señaló anteriormente, la búsqueda de carcasas se fundamenta en que los eventos registrados representan una pequeña fracción de los eventos reales, razón por la cual la corrección de la información bruta es fundamental.

A nivel internacional se han realizado numerosos esfuerzos para establecer y mejorar las metodologías que permiten estimar el número de colisiones reales de aves y murciélagos (244). En general los estimadores de mortalidad toman en cuenta los siguientes parámetros:

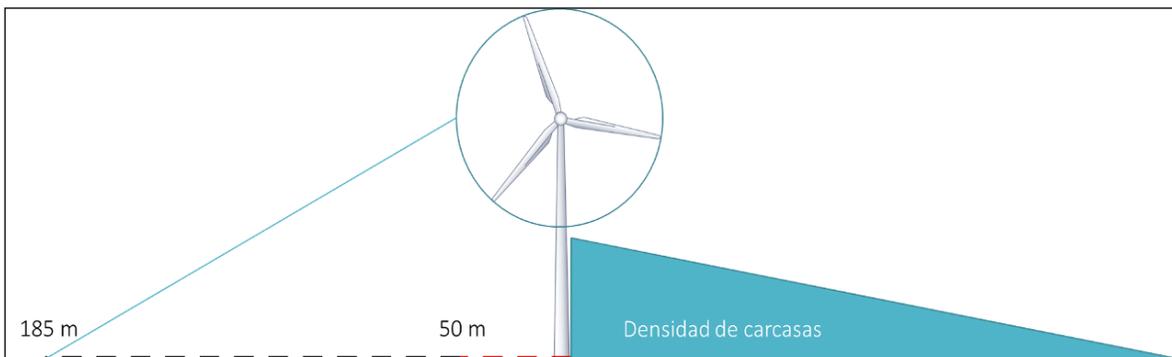
- Cobertura o área del estudio
- Remoción de carcasas por predadores o descomposición
- Capacidad de detección de carcasas por los investigadores

Cabe destacar que no existe un estimador universal que sea aplicable a todos los proyectos. Si bien en Chile la búsqueda de carcasas es relativamente común en el contexto de los planes de seguimiento de proyectos ingresados al SEIA, la inmensa mayoría no realiza corrección de los datos y por lo tanto, más allá del estimador que se utilice, el primer paso es que los principales factores que inducen a error, sean considerados.

A continuación se discuten y sintetizan aspectos relativos a la implementación de siete estimadores comúnmente utilizados (Tabla 8), con la intención de facilitar la correcta selección por parte de los usuarios de la presente propuesta. Los mayormente utilizados incluyen: Erickson et al. (237), Shoenfeld (238), Kerns et al. (239) y Jain et al. (240); a los cuales se adicionan dos nuevos estimadores, propuestos por Huso (241) y Korner-Nievergelt et al. (242). Estudios de simulación evidencian que estos estimadores son capaces de proveer mejores estimaciones bajo situaciones específicas. No obstante, dada su complejidad, no han sido completamente adoptados en estudios de monitoreo.

Los principios subyacentes a la estimación de mortalidad real son los mismos en parques eólicos y líneas de transmisión. Sin embargo, para efectos prácticos, la siguiente explicación considera el caso de un parque eólico.

En general, las búsquedas de carcasas se realizan en un radio entre 40 y 120m alrededor de los aerogeneradores; no obstante se ha demostrado que los individuos colisionados por las aspas pueden ser lanzados más allá de estos límites, lo cual deriva en una subestimación del número real de individuos colisionados. Otro problema surge cuando, en parques eólicos de gran tamaño, se realizan muestreos de sólo un cierto porcentaje de los aerogeneradores y luego se estima el número de carcasas para la totalidad del parque.



**Figura 37: Subestimación de impactos de colisión ocurre cuando el área de búsqueda de carcasas es menor que el área real en la cual es posible encontrar carcasas. Esta distancia dependerá del tamaño y potencia de los aerogeneradores.**

Los estimadores descritos en la Tabla 8 son utilizados para estimar el tamaño poblacional de animales afectados por colisión con turbinas eólicas (M), en un área, durante un tiempo determinado. En la Tabla 9 se muestran las fórmulas utilizadas para estimar M de acuerdo a cada uno de los modelos recopilados por Bernardino et al. (244) y se explican los parámetros utilizados por cada uno de ellos.

**Tabla 8: Análisis comparativo de los ajustes y suposiciones asociadas a los estimadores de fatalidades en cuanto a área de búsqueda, intervalo de búsqueda, remoción de carcacas y probabilidad de detección de carcacas por los investigadores.**

Estimador	Potenciales fuentes de error			
	Área de búsqueda	Intervalo de muestreo	Remoción de carcacas	Probabilidad de detección
<b>Erickson et al (2000)</b> <b>(Eq 1/3)</b>	Ajuste basado en la proporción de turbinas estudiadas.	Sin requerimientos.	Ajuste basado en el tiempo de persistencia media (en días).  Asume que el tiempo de remoción sigue una distribución exponencial.	Ajuste basado en la proporción de carcacas detectadas por los investigadores.  Las carcacas no detectadas en la primera búsqueda pueden ser detectadas en la búsqueda siguiente.
<b>Schoenfeld (2004)</b> <b>(Eq 4/5)</b>	Ajuste basado en la proporción de turbinas estudiadas.	Eq 4: El número de muestreos asume una distribución de Poisson, con una tasa $1/\lambda$ (con $\lambda$ = tiempo medio entre muestreos).  Eq 5: Implica intervalos de muestreo regulares.	Ajuste basado en el tiempo de persistencia media (en días).  Asume que el tiempo de remoción sigue una distribución de Poisson con una tasa $1/t$ (Eq 4) o una distribución exponencial (Eq 5).	Ajuste basado en la proporción de carcacas detectadas por los investigadores.  Las carcacas no detectadas en la primera búsqueda pueden ser detectadas en la búsqueda siguiente.
<b>Kerns et al (2005)</b> <b>(Eq 6/7)</b>	Ajuste basado en el área no estudiada (Eq 7).	Implica intervalos de muestreo regulares.	La probabilidad de persistencia de las carcacas está dada por la función de supervivencia representada por $S_r(t)=1-P[T\leq t]$ .	Probabilidad de detección estimada por análisis de distancia de muestreo.  Asume una detectabilidad constante de carcacas en el tiempo.
<b>Jain et al (2007)</b> <b>(Eq 8)</b>	Ajuste basado en la proporción de turbinas estudiadas.	Sin requerimientos.	Ajuste basado en la proporción de carcacas que persisten luego de $\frac{1}{2}$ intervalo de muestreo.	Ajuste basado en la proporción de carcacas detectadas por los investigadores.  Se asume que la probabilidad de observar carcacas omitidas durante un primer muestreo es cero en muestreos consecutivos.

<b>Pollock (2007)</b> <b>(Eq 8/9)</b>	No se considera en la fórmula original	Implica intervalos de muestreo regulares.	Ajuste basado en la proporción de carcasas que persisten (Eq 10).	Ajuste basado en la proporción de carcasas detectadas por los investigadores. Se asume que la probabilidad de observar carcasas omitidas durante un primer muestreo es cero en muestreos consecutivos.
<b>Huso (2010)</b> <b>(Eq 10)</b>	Ajuste basado en la proporción de animales que mueren fuera del área de muestreo y la probabilidad de incluir aquel área de muestreo en la muestra de turbinas estudiadas	Considera el "intervalo de búsqueda efectivo" ( $v$ ) basado en $i$ (periodo de tiempo hasta que la probabilidad de persistencia sea $\leq 1\%$ )	Ajuste basado en el tiempo de persistencia media (en días).  Asume que el tiempo de remoción sigue una distribución exponencial.	Ajuste basado en la proporción de carcasas detectadas por los investigadores.  Se asume que la probabilidad de observar carcasas omitidas durante un primer muestreo es cero en muestreos consecutivos.
<b>Korner-Nievergelt (2011)</b> <b>(Eq 11/12)</b>	No se considera en la fórmula original	Implica intervalos de muestreo regulares.	Ajuste basado en la probabilidad de persistencia diaria.  Se asume una tasa de remoción de carcasas constante en el tiempo.	Ajuste basado en la proporción de carcasas detectadas por los investigadores. Las carcasas no detectadas en la primera búsqueda pueden ser detectadas en la búsqueda siguiente. La detectabilidad puede ser constante (Eq 11) o decreciente (Eq 12)

Fuente: Modificado de 244

**Tabla 9: Estimadores para el tamaño poblacional de animales afectados por colisión con turbinas eólicas (M) según diferentes autores. Las formulas y parámetros se encuentran homogeneizados según 244.**

Autor	Ecuación	Estimador del tamaño poblacional de animales afectados por colisión con turbinas eólicas (M)
Erickson et al (2000)	1	$\hat{M} = \frac{niC}{n'tp}$
Erickson et al (2000)	3	$t = \frac{\sum_{l=1}^z t_l}{z - z'}$
Shoenfeld (2004)	4	$\hat{M} = \frac{n(tp + i)C}{n'(tp)}$
Shoenfeld (2004)	5	$\hat{M} = \frac{niC}{n'(tp) \left[ \frac{e^{(i/t)} - 1}{e^{(i/t)} - 1 + p} \right]}$
Kerns et al (2005)	6	$\hat{M} = \frac{n}{n'} A \frac{C}{\frac{1}{3} \{ p \sum_{t=1}^7 S_T(t) + p(1-p) \sum_{t=8}^{14} S_T(t) + p(1-p)^2 \sum_{t=15}^{21} S_T(t) \}}$
Kerns et al (2005)	7	$A = \frac{\sum_{y=1}^{y'} \frac{C_y}{p_y b_y}}{\sum_{y=1}^{y'} \frac{C_y}{p_y}}$
Jain et al (2007)	8	$\hat{M} = \frac{C}{\frac{n'}{n} pp_r}$
Pollock (2007)	9	$p_r = \frac{\sum_{j=0}^w Z_j}{\sum_{j=0}^{w-1} Z_j}$
Huso (2010)	10	$\hat{M} = \frac{1}{\pi} \frac{C}{p \left[ \frac{\bar{t}(1e^{-i/t})}{d} \right]^v}$
Korner-Nievergelt et al (2011)	11	$\hat{M} = \frac{C}{p \left( p_d \frac{1 - p_d^i}{1 - p_d} \right) \frac{(\sum_{u=0}^{s-1} (s-u)[(1-p)p_d^i]^u)}{s_i}}$
Korner-Nievergelt et al (2011)	12	$\hat{M} = \frac{C}{pB + \sum_{x=1}^s pB[1 + kp_d^i(1-p)] + \sum_{v=1}^{x-1} (k^{x-v} p_d^{(x-v)i} \prod_{u=0}^{x-v-1} (1 - pk^u))} s_i$

Fuente: Modificado de 244

### Parámetros utilizados en las ecuaciones

n = Número total de turbinas

i = Intervalo entre búsquedas

C = Número total de carcassas encontradas

n' = Numero de turbinas estudiadas

t = Tiempo medio de remoción de carcassas

p = Probabilidad promedio de que una carcassa sea encontrada por un investigador

t = Tiempo medio de remoción de carcassas

z = Número total de carcassas dispuestas en un experimento

z' = Numero de carcassas que persisten luego del experimento

t<sub>l</sub> = Tiempo de remoción de carcassas l (l = 1,2,...,z)

A = Ajuste para incluir el área no investigada en el sitio

C<sub>y</sub> = Numero de carcassas encontradas en la y-esima banda de 10m desde la turbina

p<sub>y</sub> = Probabilidad de detección estimada en la y-esima banda de 10m desde la turbina

b<sub>y</sub> = Proporción de y-esimas bandas de 10m muestreadas en todas las turbinas

y' = número total de bandas de 10m dentro de cada área de búsqueda

p<sub>r</sub> = Probabilidad de persistencia de las carcassas

π = Producto entre la proporción de carcassas que se encuentra contenida en el área de búsqueda y la probabilidad de incluir aquella área en la muestra

d = min(i,  $\tilde{I}$ ), donde  $\tilde{I}$  representa el período de tiempo bajo el cual la probabilidad de persistencia de una carcassa es  $\leq 1\%$

p<sub>d</sub> = tasa de persistencia diaria (probabilidad de que una carcassa no sea removida durante 24hrs)

u = 0,...,s-1 donde s es el número de búsquedas realizadas en un intervalo de i días

$B = p_d \frac{1-p_d^i}{1-p_d}$  es la proporción de carcassas que se espera que persistan luego de un intervalo de tiempo de i días, dado que una proporción p<sub>d</sub> de animales persiste diariamente, y k es el factor con el que la probabilidad de detección de los buscadores decrece con cada evento de colisión.

## IV. GLOSARIO

El presente glosario tiene como objetivo facilitar la comprensión de los documentos que forman parte de la consultoría “Medidas de mitigación de impacto en aves silvestres y murciélagos”.

El apartado ha sido dividido en dos partes: la primera hace mención a Términos biológicos, en tanto que la segunda se conforma de conceptos que son aplicados en la Tipología de Proyectos de generación o transmisión eléctrica.

Las definiciones que se mencionan a continuación han sido extraídas de distintas fuentes, y en algunos casos han sido modificadas con el fin de adecuarlas al presente proyecto. Asimismo se presentan algunas que han sido creadas por el equipo consultor.

### I. Términos biológicos y siglas

#### A

**APLIC:** Avian Power Line Interaction Committee.

#### B

**Bandada:** Grupo relativamente numeroso de aves.

**BirdLife:** Asociación internacional para la conservación de aves y sus ambientes, con 120 instituciones socias a nivel mundial.

#### C

**Carga alar:** Es un parámetro aerodinámico que se obtiene dividiendo el peso del ave por el área de las alas. En consecuencia, una carga alar más baja implica una mayor facilidad para mantenerse en vuelo y una mejor maniobrabilidad en el aire, ambas con un reducido gasto energético, y por el contrario una carga alar elevada necesita un elevado gasto energético para conseguir ambas cosas.

**Carcasa:** Cuerpo de un animal muerto (del inglés carcass).

**Conservación:** Es la gestión del humano que promueve el uso racional y la

protección de los recursos naturales. La intención es producir el mayor beneficio posible para satisfacer las necesidades de las generaciones actuales, pero sin afectar su potencialidad para satisfacer las de las siguientes generaciones.

#### E

**Endémica:** Especie cuya presencia está restringida al territorio nacional.

**Ensamble de especies:** Conjunto de especie que explotan o utilizan un recurso común.

**Envergadura alar:** Distancia entre las dos puntas de las alas completamente extendidas de un ave.

**Especie:** Grupo de individuos muy similares que en forma natural sólo se reproducen entre sí.

**Especie introducida:** Término usado para describir especies que han sido trasladadas por humanos, a áreas fuera de su rango de distribución nativo (Hunter, 2002).

**Especie migratoria:** Conjunto de la población, o toda parte de ella

geográficamente aislada, de cualquier especie o grupo taxonómico inferior de animales silvestres, de los que una parte importante franquea cíclicamente y de manera previsible, uno o varios límites de jurisdicción nacional (CMS, 2003).

**Especies residentes o sedentarias:** Especie que no migra y que vive permanentemente y durante todo el año en el mismo lugar.

## F

**Familia:** Categoría jerárquica dentro de la clasificación taxonómica que incluye subfamilias (y por ende géneros) similares. Se ubica justamente por debajo de la superfamilia (Kappelle, 2004).

**Fragmentación:** Proceso a través del cual, paisajes naturales se ven divididos en pequeñas parcelas de ecosistemas aislados entre sí, en una matriz de tierra dominada por actividades humanas (Hunter, 2002).

## H

**Humedal:** Las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros (Ramsar, 2013).

## I

**Individuo:** Se refiere a cada ser organizado respecto de la especie a la cual pertenece (Kappelle, 2004).

## J

**Juvenil:** Ave que está en su primer año de vida. Ave joven o cría, antes de alcanzar la madurez sexual.

## M

**Muñeca:** Articulación hacia el medio del borde de ataque del ala del ave, y es la parte más carnosa y expuesta de la misma (Avian Power Line Interaction Committee, 2006).

## O

**Orden:** Categoría jerárquica dentro de la clasificación taxonómica que incluye subórdenes similares. Se ubica justamente por debajo de la subclase (Kappelle, 2004).

## P

**Paseriforme:** También llamadas aves cantoras. Es el orden de aves más grande de todos comprendiendo 63 familias, generalmente de tamaño pequeño, y que tienen dispuestos los dedos de forma que tres están dirigidos hacia delante y uno hacia atrás.

**Percha:** Estructura usada por un ave para posarse.

**Perchase:** Acto a través del cual un ave se posa sobre la percha.

**Población:** Conjunto de individuos de una misma especie, que interactúan entre sí en el mismo tiempo y espacio.

## Q

**Quiróptero:** Perteneciente al orden Chiroptera, el cual agrupa a las especies coloquialmente llamadas “murciélagos”.

## R

**Rapaz:** Ave de presa. Las rapaces son miembros del orden Falconiforme (rapaces diurnas) y strigiformes (búhos). Las aves rapaces poseen estructuras anatómicas (patas y picos) especializadas para dar muerte a sus presas (Avian Power Line Interaction Committee, 2006).

## T

**Tasa:** Relación entre la cantidad y la frecuencia de un fenómeno.

## V

**Volantones:** Ave que recientemente ha abandonado el nido y que puede seguir o no dependiendo de sus padres para su alimentación (Avian Power Line Interaction Committee, 2006).

## II. Conceptos para Tipología de Proyectos

### A

**Aerogenerador:** Aeroturbina en la que la energía mecánica producida se transforma en energía eléctrica. Se compone de torre, góndola y rotor (IDAE, 2006).

**Aislador:** elemento que aísla y soporta los conductores de una línea eléctrica en los apoyos. Generalmente están hechos de porcelana o polímeros (Avian Power Line Interaction Committee, 2006).

**Aislador suspendido:** Aislador dispuesto por debajo de los travesaños del armado (Avian Power Line Interaction Committee, 2006).

**Alta Tensión:** Para efectos del SEIA, se entiende como línea de transmisión de alto voltaje a aquellas líneas que conducen energía eléctrica con una tensión mayor a veintitrés kilovoltios (23 kV).

**Apoyo:** Son los elementos que soportan los conductores y demás componentes de una línea aérea, separándolos del terreno.

### B

**Baja Tensión:** Nivel de tensión igual o inferior a 400 volts (Min. de Energía).

### C

**Circuito múltiple:** Una configuración que soporta más de un circuito (Avian Power Line Interaction Committee, 2006).

**Circuito simple:** Conductor o sistema de conductores a través de los cuales puede fluir corriente eléctrica. El circuito está energizado a un voltaje específico (Avian Power Line Interaction Committee, 2006).

**Conductor:** Material que transmite la electricidad con baja resistencia (Energía, Un Desafío).

**Corriente:** Movimiento o flujo de electricidad pasando a través de un conductor. La corriente es medida en amperes (Avian Power Line Interaction Committee, 2006).

**Cruceta o Armado:** Estructura de apoyo que sirve para anclar los aisladores que sujetan los conductores (Avian Power Line Interaction Committee, 2006).

### D

**Distancia mínima de seguridad:** La distancia comprendida entre la punta de la cruceta y la grapa de amarre (Real Decreto 1432, 2008).

**Disuasor de posada:** Dispositivo externo colocado sobre las crucetas para evitar que se posen las aves (Real Decreto 1432, 2008).

**Distribución de electricidad:** Conducción de electricidad desde una sub-estación a los distintos usuarios de ella; incluye el ajuste de la tensión a las necesidades del cliente, la medición del consumo de cada

uno, y la facturación de la cuenta respectiva (Energía, un desafío).

## E

**Energizado:** Cualquier dispositivo eléctrico conductor conectado a cualquier fuente de electricidad (Avian Power Line Interaction Committee, 2006).

## F

**Falla:** Perturbación en la energía que interrumpe la calidad del suministro eléctrico (Avian Power Line Interaction Committee, 2006).

**Fase:** Conductor eléctrico energizado (Avian Power Line Interaction Committee, 2006).

**Fase-a-fase:** El contacto de dos conductores de fase energizados (Avian Power Line Interaction Committee, 2006).

## G

## H

**Hilera:** Se refiere a la distribución lineal de aerogeneradores (de Lucas et al., 2009).

## I

**Impacto ambiental:** Alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada. Los impactos ambientales serán significativos cuando generen o presenten alguno de los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley 20.417/2010. (D.S. 40/2012)

**Interruptor:** Dispositivo eléctrico utilizado para seccionar las fuentes de energía eléctrica (Avian Power Line Interaction Committee, 2006)

## K

**Kilovoltio (kV):** 1000 voltios, se abrevia como kV (Avian Power Line Interaction Committee, 2006).

## L

**Línea de distribución:** Conjunto de instalaciones de tensión nominal igual o inferior a 23 kV, que se encuentran fuera de la subestación primaria de distribución, destinadas a dar suministro a usuarios finales ubicados en zonas de concesión, o bien a usuarios ubicados fuera de zonas de concesión que se conecten a instalaciones de una concesionaria mediante líneas propias o de terceros (Norma técnica de calidad y suministro).

**Línea de transmisión:** Líneas de energía, diseñadas y construidas para tensiones de >60 kV (Avian Power Line Interaction Committee, 2006). Para efectos del SEIA, se entiende como línea de transmisión de alto voltaje a aquellas líneas que conducen energía eléctrica con una tensión mayor a veintitrés kilovoltios (23 kV).

**Línea eléctrica:** Combinación de conductores usados para transmitir o distribuir energía eléctrica, normalmente situada en postes (Avian Power Line Interaction Committee, 2006).

## M

**Media Tensión:** Sistemas eléctricos con tensiones superiores a 1 kV y un máximo de 60 kV (NSEG 8E.n.75. Electricidad Tensiones Normales para Sistemas e Instalaciones, SEC).

## P

**Pala:** Elemento del rotor con forma aerodinámica que produce las fuerzas necesarias para mover el rotor y producir potencia (IDAE, 2006).

**Parque eólico:** Instalación compuesta por dos o más aerogeneradores agrupados, que vierte la energía producida en un mismo punto de la red eléctrica (IDAE, 2006)

**Poste problemático:** Un poste utilizado por aves, y que ha electrocutado o que presenta riesgo de electrocución para estas (Avian Power Line Interaction Committee, 2006).

**Poste:** Estructura vertical de metal, madera, hormigón, u otro material apropiado, usada para soportar conductores eléctricos al que se fijan de modo directo en su caso los cables de tierra. Está formado por el fuste y el armado (Avian Power Line Interaction Committee, 2006).

## R

**Rotor:** Conjunto formado por las palas y el buje que las une. Sirve para transformar la energía cinética del viento en energía mecánica (IDAE, 2006).

## S

**Salvapájaros o señalizador:** Dispositivo externo que se fija a los cables para su visualización a distancia por las aves (Real Decreto 1432, 2008).

**Seguimiento:** Actividad cuya finalidad es asegurar que las variables ambientales relevantes que fueron objeto de evaluación ambiental, evolucionan según lo proyectado (D.S. 40/2012).

**Seguridad aviar:** Torre de corriente cuya configuración está diseñada para minimizar los riesgos de electrocución (Avian Power Line Interaction Committee, 2006).

**Subestación:** Punto de transición (donde el voltaje se aumenta o disminuye) en el sistema de transmisión y distribución

(Avian Power Line Interaction Committee, 2006).

**Subestación de distribución primaria:** Subestación que reduce el voltaje desde el nivel de transporte al de alta tensión en distribución (Comisión Nacional Energía, 2007).

**Sustrato de anidación:** Base sobre la cual es construido un nido (Avian Power Line Interaction Committee, 2006).

## T

**Torre:** Estructura que soporta la góndola y el rotor de la Aeroturbina (IDAE, 2006).

**Torre de alta tensión:** Estructura de gran altura que soporta los cables conductores de las líneas de transmisión eléctrica que funcionan con un voltaje elevado (Energía, un desafío).

**Transformador:** Dispositivo utilizado para aumentar o disminuir el voltaje (Avian Power Line Interaction Committee, 2006).

**Tresbolillo:** Disposición tresbolillo es la disposición de los aisladores y conductores en forma triangular equilátera, en sentido horizontal (Real Decreto 1432, 2008).

## V

**Velocidad de arranque:** Velocidad mínima de viento necesaria para que las aspas del aerogenerador comiencen a girar y a producir electricidad.

**Voltaje:** Tensión de la electricidad, el potencial que hace que circule la corriente; a medida que la tensión aumenta, también aumenta la potencia que produce una misma corriente.

**Voltio (V):** Unidad de medida de la tensión eléctrica.

## V. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Las referencias bibliográficas citadas en el documento se presentan a continuación, agrupadas por el tema al cual hacen referencia (Impactos, Mitigación o Seguimiento). Las citas han sido reemplazadas por números, de manera de facilitar la lectura del texto (1 al 245). Los números utilizados se mantienen respecto de los productos anteriores de esta consultoría (1 al 235), a los cuales se suman los correspondientes a las referencias que se agregaron a la última entrega de la consultoría (236 a 245). Finalmente, 119 de las 245 fueron utilizadas para la redacción de la presente propuesta, por lo que 126 referencias numeradas no están incluidas en ninguno de los 3 listados siguientes.

### 1. DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS

- (1) Baerwald et al, 2009. A large-scale mitigation experiment to reduce bat fatalities at wind energy facilities. *The Journal of Wildlife Management*.
- (3) Ferrer et al, 1995. Análisis de impactos sobre la avifauna de espacios naturales protegidos. Compañía Sevillana de Electricidad, Iberdrola y Red eléctrica de España.
- (4) Subramanian, 2012. An ill wind. *Nature*.
- (5) Kunz et al, 2007. Assessing Impacts of Wind-Energy Development on Nocturnally Active Birds and Bats. A Guidance Document. *The Journal of Wildlife Management*.
- (7) BSG Ecology, 2013. Bats and windfarms in Europe - Continental scale effects?. *BSG Ecology*.
- (6) Janss, 2000. Avian mortality from power lines: A morphological approach to species-specific mortality. *Biological Conservation*.
- (8) Hayes, 2013. Bats killed in large numbers at United States wind energy facilities. *BioScience*.
- (9) Horn et al, 2008. Behavioral Responses of Bats to Operating Wind Turbines. *The Journal of Wildlife Management*.
- (10) Jenkins et al, 2011. Best practice guidelines for avian monitoring and impact mitigation at proposed wind energy development sites in Southern Africa. *Wildlife and energy program of the endangered wildlife trust and BirdLife South Africa*.
- (11) Bevanger, 1998. Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines. A review. *Biological conservation*.
- (12) Percival, 2005. Bird and windfarms: What are the real issues?. *British Birds*.

- (13) Richardson, 2000. Bird migration and wind turbines Migration timing Flight behavior and collision risk. LGL Ltd, Environmental research associates.
- (14) Cryan & Barclay, 2009. Causes of Bats Fatalities at Wind Turbines: Hypotheses and Predictions. American Society of Mammalogists.
- (15) Johnson et al, 2002. Collision mortality of local and migrant birds at a large-scale wind-power development on Buffalo Ridge, Minnesota. Wildlife Society Bulletin.
- (16) Atienza et al, 2011. Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos. SEO/BirdLife.
- (17) EIRGRID, 2012. Ecological guidelines for electricity transmission projects: A standard approach to ecological impact assessment of high voltage transmission projects. EIRGRID.
- (18) Kunz et al, 2010. Ecological impacts of wind energy development on bats: Questions, research needs and hypothesis. Frontiers in ecology and the environment.
- (19) Arnett et al, 2009. Effectiveness of Changing Wind Turbine Cut-in Speed to Reduce Bat Fatalities at Wind Facilities. Bat Conservation International.
- (20) Manzano et al, 2007. Electrocutación de aves en líneas de energía eléctrica en México. Conabio. Biodiversitas.
- (21) Korner-Nievelgert et al, 2013. Estimating bats and bird mortality occurring at wind energy turbines from covariates and carcass searches using mixture models. Plos-One.
- (22) Baerwald & Barclay, 2009. Geographic variation in activity and fatality of migratory bats at wind energy facilities. Journal of Mammalogy.
- (24) Prinsen et al, 2011. Guidelines on how to avoid or mitigate impact of electricity power grids on migratory birds in the African-Eurasian region. CMS Technical Series.
- (25) Edkins, 2008. Impacts of wind energy development on birds and bats: looking into the problem. FPL Energy (University of Oxford ).
- (26) Everaert & Stienen, 2006. Impact of wind turbines on birds in Zeebrugge (Belgium). Significant effect on breeding tern colony due to collisions. Biodiversity and Conservation.
- (27) Hötter et al, 2005. Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats. Facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation. Michael Otto institut im NABU.
- (28) Shawn-Smallwood, 2009. Influence of behavior on bird mortality in wind energy developments. The Journal of Wildlife Management.

- (29) Barrientos et al, 2011. Meta-Analysis of the Effectiveness of Marked Wire in Reducing Avian Collisions with Power Lines. *Conservation Biology*.
- (30) De la Zerda y Roselli, 2003. Mitigación de colisión de aves contra líneas de transmisión eléctrica con marcaje del cable de guarda. *Ornitología Colombiana*.
- (31) Rollan et al, 2012. Modelling the risk of collision with power lines in Bonelli's Eagle *Hieraaetus fasciatus* and its conservation implications. *Bird Conservation International*.
- (32) Arnett et al, 2008. Patterns of Bat Fatalities at Wind Energy Facilities in North America. *The Journal of Wildlife Management*.
- (33) BirdLife International, 2003. Protecting Birds from Powerlines: a practical guide on the risks to birds from electricity transmission facilities and how to minimise any such adverse effects. Convención de Berna .
- (34) Morrison et al, 2009. Protocolo de muestreo para estudiar la influencia de los parques eólicos sobre las aves y otros animales. *Quercus*.
- (35) APLIC, 2006. Suggested practices for avian protection on power lines. The state of the art in 2006. Edison Electric Institute, APLIC, California Energy Commission.
- (36) Erickson et al, 2002. Synthesis and Comparison of Baseline Avian and Bat Use, Raptor Nesting and Mortality Information from Proposed and Existing Wind Developments. Informe de Bonneville Power Administration.
- (37) Yee, 2007. Testing the effectiveness of an avian flight diverter Sacramento, California - Yee. Informe California Energy Commission.
- (39) Boshoff et al, 2011. The impact of power line-related mortality on the Cape Vulture *Gyps coprotheres* in a part of its range, with an emphasis on electrocution. *Bird Conservation International*.
- (40) US Fish and Wildlife Service, 2012. US Fish and Wildlife service land-based wind energy guidelines. <http://www.fws.gov>.
- (41) Weller & Baldwin, 2012. Using echolocation monitoring to model bat occupancy and inform mitigations at wind energy facilities. *The Journal of Wildlife Management*.
- (42) Kuvlesky et al, 2007. Wind energy development and wildlife conservation: Challenges and opportunities. *The Journal of Wildlife Management*.
- (43) NWCC, 2010. Wind Turbine interactions with birds bats and their habitats. [www.nationalwind.org](http://www.nationalwind.org).

- (44) BirdLife International, 2002. Wind farms and birds: An analysis of the effects of wind farms in birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats.
- (47) Valenzuela, 2009. Colisión y electrocución de aves en el tendido eléctrico. La Chiricoca.
- (49) Alvarado & Roa, 2010. Electroculión de Águilas Mora *Geranoaetus melanoleucus* por electroculión con tendido eléctrico en Calera de Tango, Chile. Boletín de la red de rapaces neotropicales.
- (50) CNE, 2006. Guía para la evaluación ambiental de Proyectos Eólicos - CNE, 2006. Comisión Nacional de Energía. Proyecto Energías Renovables en Chile.
- (51) Galaz & Yañez, 2006. Los murcielagos de Chile: Guia para su reconocimiento. Centro de Ecología Aplicada.
- (52) Mann, 1978. Los pequeños mamíferos de Chile. Gayana Zoología.
- (53) Iriarte, 2007. Mamíferos de Chile. Lynx Ediciones.
- (56) Brito, 2002. Mitigación de la mortalidad de *Cygnus melanocorypha* por colisión con cables eléctricos en el embalse Los Molles, Región de Valparaíso, Chile. Boletín Chileno de ornitología.
- (58) Brito, 2000. Solución a la mortalidad accidental de Cisne de cuello negro (*Cygnus melanocorypha*) por impactos con el tendido eléctrico alrededor de la Laguna El Peral y el Estero Cartagena, Región de Valparaíso. Boletín chileno de ornitología.
- (59) Ortíz, 2011. Informe Final Áreas importantes para la conservación de la aves (IBA's) Chile. Birdlife Internacional.
- (203) Meseguer, 2009. Aves y parques eólicos. Valoración del riesgo y atenuantes. ECOTÉCNIA, Fundación MIGRES y Asociación Eólica de Tarifa. Quercus. España.
- (204) Thelander & Smallwood, 2009. Aves y parques eólicos. Valoración del riesgo y atenuantes. Altamont Pass: Un ejemplo de los efectos de los parques eólicos sobre las aves. ECOTÉCNIA, Fundación MIGRES y Asociación Eólica de Tarifa. Quercus. España.
- (205) APLIC & USFWS , 2005. Avian Protection Plan (APP) Guidelines. APLIC & USFWS .
- (206) Jain et al, 2011. Bat mortality and activity at a northern Iowa wind resource area. American Midland Naturalist.
- (207) Patriarca & Debernardi, 2010. Bats and light pollution. UNEP/EUROBATS.
- (208) Ellison, 2012. Bats and wind energy—A literature synthesis and annotated bibliography. U.S. Geological Survey Open-File Report 2012.

- (211) Manville A., 2005. Bird Strikes and Electrocutions at Power Lines, Communication Towers, and Wind Turbines: State of the Art and State of the Science – Next Steps Toward Mitigation. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep.
- (217) Powlesland, 2009. Impacts of wind farms on birds: a review.. Science for Conservation 209. Publishing Team. New Zealand Department of Conservation.
- (221) Kerlinger et al., 2010. Night Migrant Fatalities and Obstruction Lighting at Wind Turbines in North America. The Wilson Journal of Ornithology.
- (222) Mabee et al., 2006. Nocturnal Bird Migration Over an Appalachian Ridge at a Proposed Wind Power Project. Wildlife Society Bulletin.
- (225) Baerwald & Barclay, 2011. Patterns of activity and fatality of migratory bats at a wind energy facility in Alberta, Canada. Journal of Wildlife Management.
- (226) Servicio Agrícola y Ganadero, 2008. Pauta de Evaluación Ambiental Proyectos Lineales D-PR-GA-008. Servicio Agrícola y Ganadero, Gobierno de Chile.
- (227) Ministerio de la Presidencia, 2008. Real Decreto 1432. 2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión. España.
- (229) Edison Electric Institute & Avian Power Line Interaction Commmittee (APLIC), 2012. Reducing avian collisions with power lines. Edison Electric Institute & Avian Power Line Interaction Commmittee (APLIC).
- (231) Fernie K. & Reinolds J., 2005. The effects of electromagnetics fields from power lines on avian reproductive biology and physiology: a review. Journal of toxicology and environmental health.
- (234) Tidemann & Nelson, 2011. Life Expectancy, Causes of Death and Movements of the Grey-Headed Flying-Fox (*Pteropus poliocephalus*) Inferred from Banding. Acta Chiropterologica.
- (236) Tala & Iriarte, 2004. Conservación de aves rapaces en Chile. Aves rapaces de Chile.
- (246) De Lucas et al, 2012. Griffon vulture mortality at wind farms in southern Spain: Distribution of fatalities and active mitigation measures. Biological Conservation.

## 2. MITIGACIÓN DE IMPACTOS

- (1) Baerwald et al, 2009. A large-scale mitigation experiment to reduce bat fatalities at wind energy facilities. *The Journal of Wildlife Management*.
- (3) Ferrer et al, 1995. Análisis de impactos sobre la avifauna de espacios naturales protegidos. *Compañía Sevillana de Electricidad, Iberdrola y Red eléctrica de España*.
- (4) Subramanian, 2012. An ill wind. *Nature*.
- (5) Kunz et al, 2007. Assessing Impacts of Wind-Energy Development on Nocturnally Active Birds and Bats. A Guidance Document. *The Journal of Wildlife Management*.
- (6) Janss, 2000. Avian mortality from power lines: A morphological approach to species-specific mortality. *Biological Conservation*.
- (9) Horn et al, 2008. Behavioral Responses of Bats to Operating Wind Turbines. *The Journal of Wildlife Management*.
- (11) Bevanger, 1998. Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines. A review. *Biological conservation*.
- (12) Percival, 2005. Bird and windfarms: What are the real issues?. *British Birds*.
- (14) Cryan & Barclay, 2009. Causes of Bats Fatalities at Wind Turbines: Hypotheses and Predictions. *American Society of Mammalogists*.
- (15) Johnson et al, 2002. Collision mortality of local and migrant birds at a large-scale wind-power development on Buffalo Ridge, Minnesota. *Wildlife Society Bulletin*.
- (16) Atienza et al, 2011. Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos. *SEO / BirdLife*.
- (17) EIRGRID, 2012. Ecological guidelines for electricity transmission projects: A standard approach to ecological impact assessment of high voltage transmission projects. *EIRGRID*.
- (18) Kunz et al, 2010. Ecological impacts of wind energy development on bats: Questions, research needs and hypothesis. *Frontiers in ecology and the environment*.
- (19) Arnett et al, 2009. Effectiveness of Changing Wind Turbine Cut-in Speed to Reduce Bat Fatalities at Wind Facilities. *Bat Conservation International*.
- (23) Rodrigues et al, 2008. Guidelines for consideration of bats in wind farm projects. *EUROBATS*.
- (24) Prinsen et al, 2011. Guidelines on how to avoid or mitigate impact of electricity power grids on migratory birds in the African-Eurasian region. *CMS Technical Series*.

- (25) Edkins., 2008. Impacts of wind energy development on birds and bats: looking into the problem. FPL Energy (University of Oxford ).
- (27) Hötter et al, 2005. Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats. Facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation. Michael Otto institut im NABU.
- (28) Shawn-Smallwood, 2009. Influence of behavior on bird mortality in wind energy developments. The Journal of Wildlife Management.
- (29) Barrientos et al, 2011. Meta-Analysis of the Effectiveness of Marked Wire in Reducing Avian Collisions with Power Lines. Conservation Biology.
- (30) De la Zerda y Roselli, 2003. Mitigación de colisión de aves contra líneas de transmisión eléctrica con marcaje del cable de guarda. Ornitología Colombiana.
- (32) Arnett et al, 2008. Patterns of Bat Fatalities at Wind Energy Facilities in North America. The Journal of Wildlife Management.
- (33) BirdLife International, 2003. Protecting Birds from Powerlines: a practical guide on the risks to birds from electricity transmission facilities and how to minimise any such adverse effects. Convención de Berna .
- (35) APLIC, 2006. Suggested practices for avian protection on power lines. The state of the art in 2006. Edison Electric Institute, APLIC, California Energy Commission.
- (37) Yee, 2007. Testing the effectiveness of an avian flight diverter Sacramento, California - Yee. Informe California Energy Commission.
- (40) US Fish and Wildlife Service, 2012. US Fish and Wildlife service land-based wind energy guidelines. <http://www.fws.gov> .
- (42) Kuvlesky et al, 2007. Wind energy development and wildlife conservation: Challenges and opportunities. The Journal of Wildlife Mangement.
- (43) NWCC, 2010. Wind Turbine interactions with birds bats and their habitats. [www.nationalwind.org](http://www.nationalwind.org).
- (44) BirdLife International, 2002. Wind farms and birds: An analysis of the effects of wind farms in birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats.
- (49) Alvarado & Roa, 2010. Electrocutación de Águilas Mora *Geranoaetus melanoleucus* por electrocutación con tendido eléctrico en Calera de Tango, Chile.. Boletín de la red de rapaces neotropicales.

- (56) Brito, 2002. Mitigación de la mortalidad de *Cygnus melanocorypha* por colisión con cables eléctricos en el embalse Los Molles, Región de Valparaíso, Chile. Boletín Chileno de ornitología.
- (58) Brito, 2000. Solución a la mortalidad accidental de Cisne de cuello negro (*Cygnus melanocorypha*) por impactos con el tendido eléctrico alrededor de la Laguna El Peral y el Estero Cartagena, Región de Valparaíso. Boletín chileno de ornitología.
- (83) DIA Parque Eólico Ucuquer. Energías Ucuquer S.A., Región de B. O'Higgins.
- (91) DIA Parque Eólico Calama. E-CL S.A., Región de Antofagasta.
- (106) DIA Subestación Eléctrica y Línea de Transmisión 110 KV desde S/E propia a S/E Maitencillo. Desarrollo energético Solar Chile SPA , Región de Atacama.
- (110) EIA Línea de Alta Tensión S/E Chacaya – S/E Crucero. E-CL S.A., Región de Antofagasta.
- (111) EIA Línea de Transmisión Eléctrica Cerro Pabellón. Geotérmica del Norte S.A., Región de Antofagasta.
- (115) DIA Línea de Alta Tensión 2X66 kV S/E PV Dos Cruces – S/E Parinacota. Solventus Chile Spa, Región de Arica Parinacota.
- (122) DIA Modificación al Trazado Línea Ancoa - Alto Jahuel 2x500kV: Primer Circuito. Alto Jahuel Transmisora de Energía S.A., Interregional.
- (124) DIA Línea de Transmisión Eléctrica de Doble Circuito de 220 kV Cabo Leonés y Subestación Eléctrica Domeyko. Ibereólica Cabo Leonés I S.A., Región de Antofagasta.
- (126) DIA Línea de Transmisión Eléctrica Punta de Cortes – Tuniche LTE Pta. Cortes - Tuniche. TRANSELEC S.A., Región de B. O'Higgins.
- (129) EIA Sistema de Transmisión de 500 kV Mejillones-Cardones. Transmisora Eléctrica del Norte S.A., Interregional.
- (137) DIA Conexión Eléctrica Papelera Talagante. TRANSNET S.A., Región Metropolitana.
- (140) DIA Optimización Línea de Transmisión San Andrés. Hidroeléctrica San Andrés Limitada , Región de B. O'Higgins.
- (142) EIA Modificación Línea de Transmisión 2x220 kV Maitencillo – Caserones, Variante Maitencillo Norte. SCM Minera Lumina Copper Chile, Región de Antofagasta.
- (143) EIA Línea Ancoa - Alto Jahuel 2 x 500 kV: Primer Circuito. Alto Jahuel Transmisora de Energía S.A., Interregional.

- (149) EIA Línea de Transmisión Eléctrica Los Hierros- Canal Melado; y Subestaciones Los Hierros y Canal Melado. Besalco Construcciones S.A, Región de Biobío.
- (152) DIA LTE Angostura Mulchén. Colbún S.A., Región de Biobío.
- (153) EIA Línea de entrada a Alto Jahuel 2X500 kV. Transelec S.A., Región Metropolitana.
- (159) EIA Línea de Transmisión 2x220 kV Maitencillo – Caserones. SCM Minera Lumina Copper Chile, Región de Antofagasta.
- (160) DIA Cambio de Conductor y Mantenimiento General para Operación en 220 kV de Línea de Transmisión Eléctrica Tinguiririca- Punta de Cortes Mantenimiento y Cambio de Conductor LTEAT 220 kV. TRANSELEC S.A., Región de B. O'Higgins.
- (165) DIA Línea de Transmisión Eléctrica El Paso. Hidroeléctrica El Paso Ltda., Región de B. O'Higgins.
- (168) DIA Línea de Interconexión al SING y Aumento de Potencia del Parque Eólico Valle de los Vientos. Parque Eólico De Los Vientos S.A., Región de Antofagasta.
- (170) DIA Sistema de Transmisión Eléctrica San Andrés. Hidroeléctrica San Andrés Limitada, Región de B. O'Higgins.
- (180) EIA Línea alta tensión 2x220 kV San Fabián – Ancoa y obras asociadas. TRANSNET S.A., Interregional.
- (185) DIA Ampliación de Línea de Transmisión Eléctrica de División Andina Línea Transmisión Eléctrica División Andina. Codelco División Andina, Región de Valparaíso.
- (188) DIA Ampliación y Mejoramiento Línea de Transmisión Punta Colorada-Tres Quebradas. Cía. Minera Nevada Ltda., Interregional.
- (204) Thelander & Smallwood, 2009. Aves y parques eólicos. Valoración del riesgo y atenuantes. Altamont Pass: Un ejemplo de los efectos de los parques eólicos sobre las aves. ECOTÉCNIA, Fundación MIGRES y Asociación Eólica de Tarifa. Quercus. España.
- (205) APLIC & USFWS, 2005. Avian Protection Plan (APP) Guidelines. APLIC & USFWS.
- (206) Jain et al, 2011. Bat mortality and activity at a northern Iowa wind resource area. American Midland Naturalist.
- (207) Patriarca & Debernardi, 2010. Bats and light pollution. UNEP/EUROBATS.
- (210) Harness et al., 2003. Bird Strike Indicator/Bird Activity Monitor and Field Assessment of Avian Fatalities. California Energy Commission.

- (211) Manville A., 2005. Bird Strikes and Electrocutions at Power Lines, Communication Towers, and Wind Turbines: State of the Art and State of the Science – Next Steps Toward Mitigation. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep.
- (212) Dirección general de aeronáutica civil, 2004. Decreto 173/2004 Reglamento de Aeródromos.
- (214) Arnett et al., 2011. Evaluating the effectiveness of an ultrasonic acoustic deterrent for reducing bat fatalities at wind turbines. Bat Conservation International.
- (215) May et al., 2012. Evaluation of the DTBird video-system at the Smøla wind-power plant. Detection capabilities for capturing near-turbine avian behaviour. NINA Re-port 910.
- (217) Powlesland, 2009. Impacts of wind farms on birds: a review. Science for Conservation 209. Publishing Team. New Zealand Department of Conservation.
- (219) Haugen, 2011. International Review of Policies and Recommendations for Wind Turbine Setbacks from Residences: Setbacks, Noise, Shadow Flicker, and Other Concerns. Minnesota Department of Commerce.
- (220) Hodos, 2003. Minimization of Motion Smear: Reducing Avian Collisions with Wind Turbines. National Renewable Energy Laboratory.
- (221) Kerlinger et al., 2010. Night Migrant Fatalities and Obstruction Lighting at Wind Turbines in North America. The Wilson Journal of Ornithology.
- (222) Mabee et al., 2006. Nocturnal Bird Migration Over an Appalachian Ridge at a Proposed Wind Power Project. Wildlife Society Bulletin.
- (225) Baerwald & Barclay, 2011. Patterns of activity and fatality of migratory bats at a wind energy facility in Alberta, Canada. Journal of Wildlife Management.
- (227) Ministerio de la Presidencia, 2008. Real Decreto 1432. 2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión. España.
- (228) Román-Muñoz et al., 2012. Reducción de la mortalidad de buitres en parques eólicos del sur de España. I Congreso Ibérico sobre Energía Eólica y Conservación de la Fauna. Libro de Resúmenes.
- (229) Edison Electric Institute & Avian Power Line Interaction Commitee (APLIC), 2012. Reducing avian collisions with power lines. Edison Electric Institute & Avian Power Line Interaction Commitee (APLIC).
- (230) Bishop et al., 2003. Review of international research literature regarding the effectiveness of auditory bird scaring techniques and potential alternatives. Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA).

- (232) Barrios et al., 2012. Uso de un modelo de interacción entre viento y relieve para entender la mortalidad del buitre leonado en parques eólicos . I Congreso Ibérico sobre Energía Eólica y Conservación de la Fauna. Libro de Resúmenes.
- (233) Barclay et al., 2007. Variation in bat and bird fatalities at wind-energy facilities: assessing the effects of rotor size and tower height. Canadian Journal of Zoology.

### 3. SEGUIMIENTO

- (2) Arnett, 2006. A preliminary evaluation on the use of dogs to recover bat fatalities at wind energy facilities. Wildlife Society Bulletin.
- (5) Kunz et al, 2007. Assessing Impacts of Wind-Energy Development on Nocturnally Active Birds and Bats. A Guidance Document. The Journal of Wildlife Management.
- (6) Janss, 2000. Avian mortality from power lines: A morphological approach to species-specific mortality. Biological Conservation.
- (10) Jenkins et al, 2011. Best practice guidelines for avian monitoring and impact mitigation at proposed wind energy development sites in Southern Africa. Wildlife and energy program of the endangered wildlife trust and BirdLife South Africa.
- (15) Johnson et al, 2002. Collision mortality of local and migrant birds at a large-scale wind-power development on Buffalo Ridge, Minnesota. Wildlife Society Bulletin.
- (16) Atienza et al, 2011. Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos. SEO / BirdLife.
- (19) Arnett et al, 2009. Effectiveness of Changing Wind Turbine Cut-in Speed to Reduce Bat Fatalities at Wind Facilities. Bat Conservation International.
- (21) Korner-Nievelgert et al, 2013. Estimating bats and bird mortality occurring at wind energy turbines from covariates and carcass searches using mixture models. Plos-One.
- (23) Rodrigues et al, 2008. Guidelines for consideration of bats in wind farm projects. EUROBATS.
- (24) Prinsen et al, 2011. Guidelines on how to avoid or mitigate impact of electricity power grids on migratory birds in the African-Eurasian region. CMS Technical Series.
- (25) Edkins., 2008. Impacts of wind energy development on birds and bats: looking into the problem. FPL Energy (University of Oxford ).
- (28) Shawn-Smallwood, 2009. Influence of behavior on bird mortality in wind energy developments. The Journal of Wildlife Management.

- (29) Barrientos et al, 2011. Meta-Analysis of the Effectiveness of Marked Wire in Reducing Avian Collisions with Power Lines. *Conservation Biology*.
- (30) De la Zerda y Roselli, 2003. Mitigación de colisión de aves contra líneas de transmisión eléctrica con marcaje del cable de guarda . *Ornitología Colombiana*.
- (33) BirdLife International, 2003. Protecting Birds from Powerlines: a practical guide on the risks to birds from electricity transmission facilities and how to minimise any such adverse effects. Convención de Berna .
- (34) Morrison et al, 2009. Protocolo de muestreo para estudiar la influencia de los parques eólicos sobre las aves y otros animales.. *Quercus*.
- (40) US Fish and Wildlife Service, 2012. US Fish and Wildlife service land-based wind energy guidelines. <http://www.fws.gov>.
- (45) Ossa et al, 2010. Analysis of the echolocation calls and morphometry of a population of *Myotis chiloensis* from the southern Chilean temperate forest. *Revista Ciencia e Investigación Agraria*.
- (48) Ossa et al, 2010. Conociendo a los Murciélagos a través de sus Ultrasonidos. *La Chiricoca*.
- (57) Ossa, 2010. Métodos bioacústicos, Una aproximación a la ecología de comunidades de murciélagos en las ecoregiones mediterránea y el bosque templado de Chile. Tesis de grado.
- (199) EIA Parque Eólico Lebu Segunda Etapa. Inversiones BOSQUEMAR Ltda. Región del Bio bio.
- (235) Ministerio de economía, fomento y reconstrucción, 2007. DL N°4, Ley General de Servicios Eléctricos.
- (237) Erickson et al, 2004. Stateline wind project wildlife monitoring final report, July 2001\_December 2003. Technical report peer-reviewed by and submitted to FPL Energy, Oregon Energy Facility Siting Council and Stateline Technical Advisory Committee.98p.
- (238) Schoenfeld, 2004. Suggestions regarding avian mortality extrapolation. Technical memo provided to FPL Energy. Davis, WV, West Virginia Highlands Conservancy. 6p.
- (239) Kerns, 2005. Bat and bird fatality at wind energy facilities in Pennsylvania and West Virginia. In: Arnett EB ed. Relationships between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: an assessment of bat fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioural interactions with wind turbines. Final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Austin, TX, Bat Conservation International. Pp. 24-95.

- (240) Jain A, Kerlinger P, Curry R, Slobodnik L, 2007. Annual report for the Maple Ridge wind power project: post-construction bird and bat fatality study 2006. Final report. Syracuse, New York, Curry & Kerlinger, LLC. 53 p.
- (241) Huso, 2010. An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics* 22: 318-329.
- (242) Korner-Nievergelt F, Korner-Nievergelt P, Behr O, Niermann I, Brinkmann R, Hellriegel B, 2011. A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildlife Biology* 17: 350-363.
- (243) Ferrer et al, 2012. Weak relationship between risk assessment studies and recorded mortality in wind farms. *Journal of applied ecology*.49:38-46.
- (244) Bernardino et al, 2013. Estimating bird and bat fatality at wind farms: a practical overview of estimators, their assumptions and limitations. *New Zealand Journal of Zoology*. 40:1, 63-74.
- (245) Erickson et al, 2000. Avian and bat mortality associated with the Vansycle wind project, Umatilla County, Oregon: 1999 study year. Technical report prepared by WEST Inc. for Umatilla County Department of Resource Services and Development, Pendleton, OR. 25p.