MAINSTREAM RENEWABLE POWER

DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

PARQUE EÓLICO CERRO TIGRE

Mainstream Renewable Power



PROCESO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

ADENDA

ANEXO AD-05: ESTUDIOS GAVIOTA GARUMA

Mankuk CONSULTING & SERVICES S.A.

Julio 2015

Apéndice A

Monitoreo Gaviota Garuma

Noviembre 2014 a Febrero 2015

FIGURAS

Figura 1: Campamento en Área de Estudio 5
Figura 2: Individuo de Gaviota Garuma..... 6
Figura 3: Sitios de Nidificación en la Región de Antofagasta..... 9
Figura 4: Eventos en la Reproducción de la Gaviota Garuma 10
Figura 5: Estados de Desarrollo de los Polluelos de Gaviota Garuma..... 13
Figura 6: Vista general del Área de Estudio 14
Figura 7: Distribución Espacial de los Puntos de Escuchas Nocturnas 16
Figura 8: Vocalizaciones/hora Registradas según Sector, Noviembre 18
Figura 9: Vocalizaciones/hora Registradas según Sector, Diciembre 18
Figura 10: Vocalizaciones/hora Registradas según Sector, Enero 19
Figura 11: Vocalizaciones por Lapso de Muestreo según Sector, Noviembre 19
Figura 12: Vocalizaciones por Lapso de Muestreo según Sector, Diciembre 20
Figura 13: Vocalizaciones por Lapso de Muestreo según Sector, Enero..... 21
Figura 14: Promedio de Vocalizaciones por Lapso de Muestreo según Sector para todas las Campañas Realizadas 22
Figura 15: Visibilidad Nocturna del Área del Proyecto..... 24
Figura 16: Distribución de los Recorridos Pedestres y Hallazgos Indirectos de Avifauna . 26
Figura 17: Áreas Prospectadas..... 27
Figura 18: Avifauna Registrada en el Área del Proyecto 28

TABLAS

Tabla 1: Sitios de campamento por sector 5
Tabla 2: Sitios de nidificación en la Región Antofagasta 8
Tabla 3: Ubicación de los puntos de escuchas nocturnas por sector..... 15
Tabla 4: Dirección de tránsito de vuelo según vocalizaciones..... 23

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe entrega los resultados de la primera, segunda, tercera y cuarta campaña del plan de monitoreo de la Gaviota Garuma (*Leucophaeus modestus*), el que se desarrolla en el marco del proceso de evaluación ambiental del proyecto Parque Eólico Cerro Tigre.

Específicamente en el ICSARA de la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto, la Comisión de Evaluación, Región de Antofagasta, solicita al titular *"incluir en esta instancia de evaluación, un estudio tendiente a identificar las rutas de desplazamiento de Gaviota Garuma Larus modestus, entre la bahía de Antofagasta y el sitio de nidificación ubicado en Cerro Plomo (Cultam MMA 2012, FPA La nidificación de la Gaviota Garuma y su vulnerabilidad a las actividades antrópicas en el Desierto de Atacama, 38 p). e incorporar los datos disponibles sobre la nidificación de esta especie, publicados en el proyecto FPA "La nidificación de la Gaviota Garuma y su vulnerabilidad a las actividades antrópicas en el Desierto de Atacama", Cultam MMA 2012,38 p.*.

El plan de monitoreo contempló la realización de cuatro campañas mensuales desde noviembre de 2014 a febrero de 2015. El presente informe recoge los resultados de cuatro campañas y se analizan los antecedentes recabados para proponer medidas orientadas a moderar los eventuales efectos que tendría el Proyecto sobre la Gaviota Garuma.

2. ALCANCES Y OBJETIVOS

2.1 Alcances

En orden a cumplir las observaciones de la autoridad, el estudio de Gaviota Garuma (*Leucophaeus modestus)* desarrolló un plan de monitoreo mensual durante la época reproductiva según las indicaciones y sugerencias de Guerra *et al*. (1988), Guerra (1990), Fitzpatrick *et al.* (1992) Aguilar *et al.* (1998), considerando, particularmente, la etapa de incubación y crianza del polluelo. En particular, y de acuerdo a lo recomendado por la

autoridad, este monitoreo tuvo como alcance al área que constituye al Parque Eólico Cerro Tigre y sus obras, considerando además un *buffer* de 500 metros a partir de sus límites (Polígono del Parque Eólico, Línea de Transmisión y Subestación Seccionadora).

2.2 Objetivo general

El objetivo general del plan de monitoreo es determinar si el área del Proyecto es una zona nidificación y/o tránsito de la especie Gaviota Garuma.

Adicionalmente, las campañas tuvieron como objetivo documentar otras especies de avifauna que puedan habitar en el área del Proyecto.

2.3 Objetivos Específicos

El objetivo general contiene los siguientes objetivos específicos:

- Revisión bibliográfica de los antecedentes sobre la Gaviota Garuma con énfasis en el texto generado por el proyecto FPA “La nidificación de la Gaviota Garuma y su vulnerabilidad a las actividades antrópicas en el Desierto de Atacama” (Cultam MMA, 2012).
- Verificar si el área de estudio es sitio de nidificación.
- Verificar si el área de estudio se encuentra dentro de las rutas de tránsito de Gaviota Garuma durante su etapa reproductiva.
- Establecer dirección de tránsito mediante vocalizaciones nocturnas.
- Establecer horario de vocalizaciones durante las escucha nocturnas.
- Establecer tendencias utilizando frecuencia de vocalizaciones según horario de escucha nocturna.
- Estimar rangos de altitud de vuelo de la Gaviota Garuma.
- Identificar la presencia de otras especies de avifauna en el área del Proyecto.

3. METODOLOGÍA

3.1 Revisión de Antecedentes

En esta etapa se realizó una recopilación y revisión de antecedentes bibliográficos para caracterizar a la especie de interés. Además, previo a la campaña de terreno, se efectuó una fotointerpretación del área para establecer puntos de escucha de vocalizaciones nocturnas. Tanto el número como la distribución de los puntos de escuchas nocturnas, así como los métodos a utilizar, se definieron de acuerdo a distintas condiciones tales como cercanía a posibles corredores geográficos, cercanía a sitios de nidificación descritos y buena visibilidad del área condiciones que permiten obtener datos adecuados y significativos para responder las preguntas de este estudio.

3.2 Levantamiento de Información

Para el levantamiento de la información se realizaron cuatro campañas de terreno con cuatro profesionales, la primera entre los días 17 y 21 de noviembre de 2014, la segunda entre los días 15 y 19 de diciembre de 2014, la tercera entre los días 5 y 9 de enero de 2015 y la cuarta entre los días 25 de febrero y 2 de marzo de 2015. En las campañas se efectuaron caminatas diurnas pedestres para avistar y detectar a las aves; además, durante la noche se obtuvieron datos en los puntos de escucha de vocalizaciones desde el anochecer hasta la madrugada.

3.3 Muestreo Gaviota Garuma

Para el registro de los individuos de avifauna se utilizó la detección directa (avistamiento), así como registros indirectos mediante el reconocimiento de tales como huevos, plumas, fecas, carcasas y audición de vocalizaciones.

3.3.1 Puntos de Escucha Nocturnas

Para definir el tránsito de Gaviota Garuma por el área del Proyecto, se distribuyeron y georeferenciaron (sistema de proyección UTM, Datum SIRGAS 2000, WGS 84) puntos de

escucha nocturnas. El horario de esta fase del monitoreo se estableció considerando la descripción de Cultam (2013), dividiendo el muestreo en horarios, el primero se efectuó al anochecer, entre las 20:30 y las 24:00 horas que corresponde a los vuelos que realizan las aves desde la costa hacia el interior, en tanto que el segundo horario se realizó al amanecer: entre las 04:30 h y las 06:00 h cuando los vuelos se realizan desde el interior a la costa. En la cuarta campaña la duración del segundo horario se amplió realizándose entre las 04:30 h y las 07:00 h debido a que se acerca el cambio de estación (otoño) y la hora del amanecer ocurre aproximadamente a las 07:00 h. En el transcurso de estos horarios se anotó cada un minuto si había registro positivo de escucha de vocalizaciones y si ese era el caso en qué dirección se movilizaban.

Con los datos obtenidos de los registros positivos se calculó la frecuencia de vocalizaciones por horario, donde se entiende por frecuencia al número de repeticiones por unidad de tiempo; para efectos del monitoreo de Gaviota Garuma, la frecuencia de vocalizaciones será expresada en número de vocalizaciones contabilizadas por hora (60 minutos).

Para la estimación de la altitud de vuelo de Gaviota Garuma se utilizó como referencia los elementos presentes en el área como lomajes y cerros presentes apoyados de focos y luminosidad natural (Luna). Para obtener la altura de los cerros presentes en el área se realizó un análisis mediante el software SIG ArcGis 10.1, con el que se identificaron las elevaciones de los cerros presentes. Esto se justifica debido a que según la literatura, los vuelos son realizados sobre los cerros de la Cordillera de la Costa. Esta información se complementó con una modelación topográfica y estudio del comportamiento del vuelo de la especie.

Asociado a los puntos de escucha se levantó un campamento cada noche para facilitar los registros en la etapa nocturna (ver Tabla 1 y Figura 1).

Tabla 1: Sitios de Campamento por Sector

Sector	UTM E	UTM N
1	405.166	7.374.411
2	405.417	7.371.618
3	406.804	7.369.930
4	410.856	7.363.586

Fuente: Elaboración propia.

Figura 1: Campamento en Área de Estudio



Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Recorridos Pedestres Diurnos

Se realizaron recorridos pedestres diurnos distribuidos llevados a cabo por dos investigadores y en transectas regulares durante el día y en zigzag en la totalidad del área (área del proyecto + área buffer). Se consideró una franja de 50 m de ancho (25 m a cada lado de la transecta) en búsqueda de evidencias tangibles de la presencia de Gaviota Garuma como o nidos, huevos, plumas, fecas y cadáveres. Cuando se encontraron estas evidencias se fotografiaron y georrefirieron con un navegador satelital (sistema de proyección UTM, Datum SIRGAS 2000, WGS 84). Los restos se retiraron para evitar

dobles registros; además, se registró la presencia de animales carroñeros o depredadores para documentar estos factores ecológicos en el área de estudio.

3.4 Equipo de Trabajo

El equipo de trabajo en terreno está liderado por la médico veterinaria Irene Araya (2007) especialista en fauna silvestre, encargada además de la elaboración de la data y trabajos de gabinete. El plan de monitoreo esta asesorado por Herman Núnez (profesor de biología y magíster en ciencias, zoólogo, asesora el trabajo de gabinete). El equipo en terreno está compuesto por José Besa, ornitólogo (1985, Unorch) y fotógrafo profesional (1988), Eduardo Valenzuela, licenciado en medicina veterinaria (2006), Daniel Terán, Médico Veterinario (2012), Daniel Valencia, Médico Veterinario (2012) y Fernando Medrano, Ingeniero en Recursos Naturales Renovables (2014). Finalmente, como asistente de fauna y apoyo en logística para la implementación de los campamentos, Rubén Castillo, Técnico Profesional en Ecoturismo (2013).

4. RESULTADOS

4.1 Revisión Bibliográfica

4.1.1 Descripción de la Especie

La especie Gaviota Garuma tiene el nombre científico *Leucophaeus modestus*, donde *Leuco* = blanco, *phaeus* = gris, oscuro, café y *modestus* = sencillo, de colores pocos vistosos, es decir su nombre científico significa blanco gris de colores sencillos (ver Figura 2). Anteriormente se asignaba al género *Larus;* siendo conocida como *Larus modestus*, se le puede encontrar citada de ambas maneras en la bibliografía.

Figura 2: Individuo de Gaviota Garuma



Fuente: Archivo personal, Daniel Terán.

Según Jaramillo (2005), la Gaviota Garuma es un ave esbelta de alas y patas largas, con un pico largo y fino de coloración negra, que madura sexualmente al tercer año de vida. El adulto es totalmente gris durante la época no reproductiva, pero su cabeza se torna blanca durante el período nupcial. Las plumas primarias y secundarias son más negras, con un nítido borde posterior blanco en las secundarias. Cola gris con ancha banda subterminal negruzca y punta blanca. No presenta dimorfismo sexual y su largo es de 44/46 cm (Martínez y González 2004).

El juvenil durante el primer año es todo parduzco. Dorso pardo y orlas más claras. Los juveniles de más edad tienen el dorso pardo grisáceo. Sin borde posterior de ala blanca y cola parduzca sin banda subterminal (Jaramillo 2005).

De acuerdo Martínez y González (2004), esta especie se distribuye en Ecuador, Perú y Chile. En nuestro país se distribuye entre Arica (XV) y Aysén (XII). Con un patrón de

distribución común y hasta abundante en el Norte y muy rara en el Sur de Chile. En el invierno la población se desplaza hacia el Norte llegando al Perú, Ecuador y hasta Colombia. Accidental en Argentina y en las Islas Malvinas. Su hábitat es costero y se alimenta en playas arenosas. Nidifica en colonias en áreas desérticas ubicadas hasta 100 km de la costa, al interior de Antofagasta. Se desplazan hacia la costa por comida al amanecer, para volver al anochecer con alimento para el polluelo si corresponde o para turnarse en la incubación.

Los padres se mantienen con el polluelo sólo durante los primeros días, para luego dejarlo solo en el desierto, visitándolo por las noches para alimentarlo. Cuando el polluelo alcanza un estado de cuasivolantón, los padres dejan de alimentarlo y el pollo termina la muda del plumaje y se marcha a la costa (Howell *et al*. 1974).

4.1.2 Estado Actual de la Nidificación

Recientemente, en el año 2012 se realizó un informe acerca de la nidificación de la Gaviota Garuma y su vulnerabilidad a las actividades antrópicas en el Desierto de Atacama, documentando nueve sitios de nidificación en la Región de Antofagasta, de ellos, sólo tres se encuentran en la Provincia de Antofagasta y por lo tanto cercanos al área del Proyecto. Véase Tabla 2 y Figura 3 (Cultam 2012).

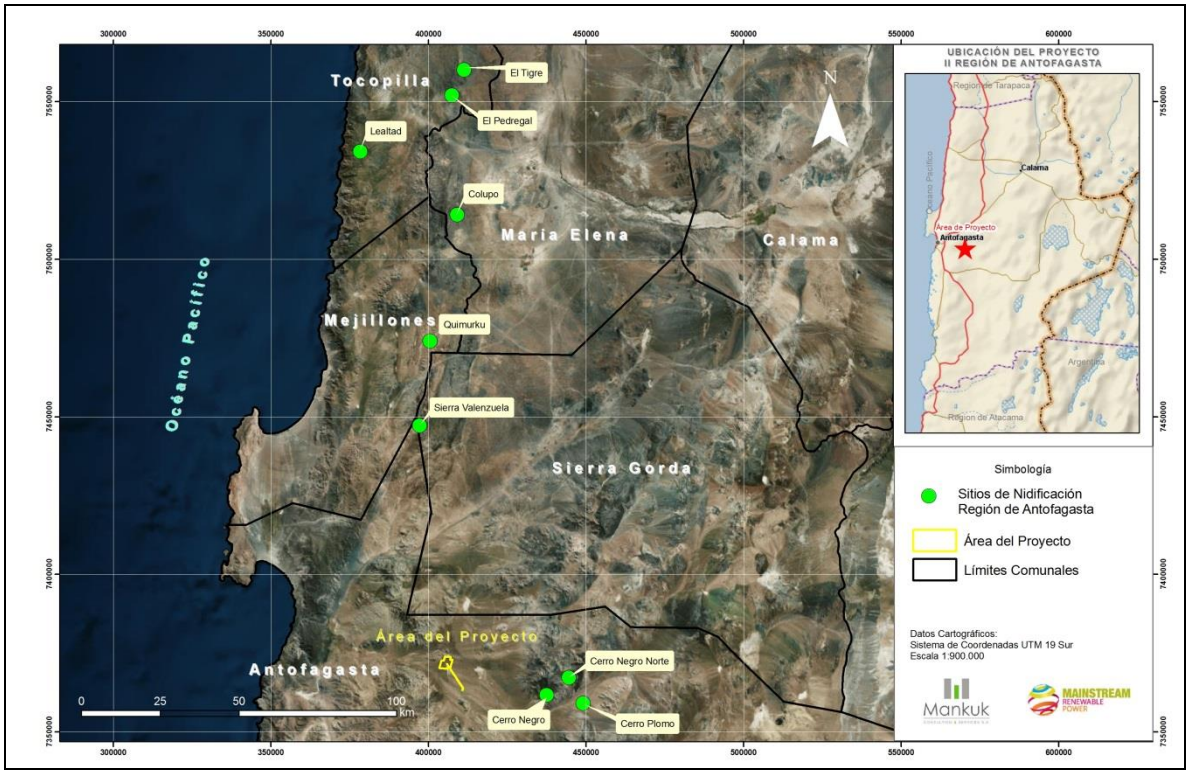
Tabla 2: Sitios de Nidificación en la Región Antofagasta

Sitio de Nidificación	Estado	Provincia	UTM E	UTM N	Distancia al Proyecto (km)
Colupo	Abandonado	Tocopilla	409.123	7.514.051	143,6
Lealtad	Abandonado	Tocopilla	378.414	7.534.094	165,2
El Tigre	Abandonado	Tocopilla	411.393	7.559.950	190,1
El Pedegral	Abandonado	Tocopilla	407.542	7.551.920	180,3
Quimurku	Abandonado	Mejillones	400.549	7.473.891	103,2
Sierra Valenzuela	Abandonado	Mejillones	397.241	7.447.144	76,6
Cerro Negro	Abandonado	Antofagasta	437.625	7.361.679	33,7
Cerro Negro Norte	En uso	Antofagasta	444.681	7.367.177	39,3

Sitio de Nidificación	Estado	Provincia	UTM E	UTM N	Distancia al Proyecto (km)
Cerro Plomo	En uso	Antofagasta	449.155	7.359.007	45,5

Fuente: Cultam, 2012.

Figura 3: Sitios de Nidificación en la Región de Antofagasta



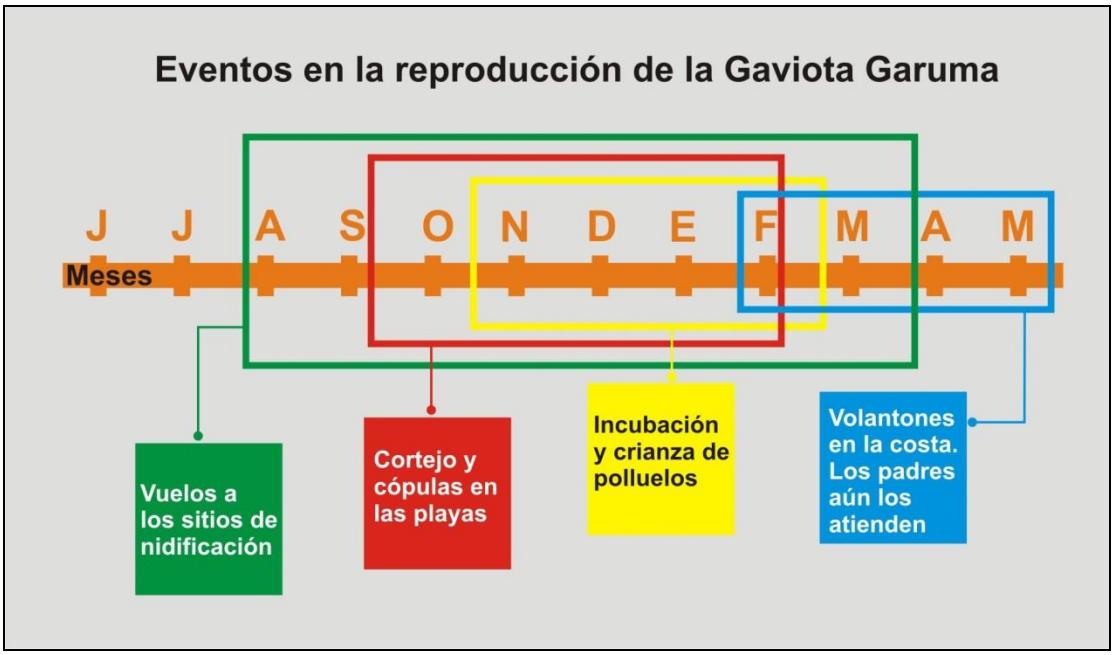
Fuente: Elaboración Propia

Entre los depredadores en las colonias de gaviotas garumas, se menciona que además de los humanos, existen cuatro posibles depredadores en las áreas de nidificación, el jote de cabeza colorada (*Cathartes aura*), el aguilucho (*Geranoaetus polyosoma*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*) y los zorros *(Lycalopex* sp.) según Goodal *et al*. 1945, Aguilar *et al*. (1998) y Cultam (2013).

4.1.3 Eventos Característicos Durante el Período Reproductivo

Guerra *et al.* (1988), determinaron que la reproducción de Gaviota Garuma comienza con los cambios notorios de coloración en el plumaje, especialmente en la cabeza de los individuos adultos, que mudan completamente su plumaje de un color gris pardo a blanco a mediados del mes de septiembre. En la figura 4 se detalla los eventos de la reproducción de esta especie

Figura 4: Eventos en la Reproducción de la Gaviota Garuma



Fuente: Cultam, 2012.

✓ Viajes al Desierto:

Los desplazamientos de las aves al interior se verifican antes del período de cópula en las playas.

Estos viajes comienzan en el atardecer, las garumas se congregan en grandes bandadas y, aprovechando las masas de aire caliente ascendentes, vuelan en espiral hasta alcanzar la altitud suficiente que les permitan sortear los cerros de la Cordillera de la Costa. El

arribo a las colonias de reproducción es alrededor de las 23:00 h cuando los vientos del desierto son más bien calmos. El regreso desde los sitios de nidificación a la costa normalmente sucede en la madrugada. Esta conducta de volar principalmente durante la madrugada además de ser vinculada al régimen de viento, se la ha asociado también a que las gaviotas evitan de esta manera que los depredadores, especialmente los catártidos (jotes, gallinazos), las sigan cuando viajan desde la costas hacia el sitio de nidificación y viceversa (Cultam 2012).

- ✓ Cópulas:

Las primeras cópulas comienzan generalmente a fines de septiembre y se efectúan en la costa. La mayor frecuencia de cópulas se registró entre los meses de noviembre y enero. El término del período de cópula es aproximadamente en la segunda semana de febrero. Esta conducta reproductiva empieza cuando la pareja se aísla del grupo e interactúan con algunas vocalizaciones y moviendo la cabeza hacia atrás y hacia a delante, la hembra continúa con algunos rodeos al macho, promoviendo que le regurgite comida. Una vez cumplida su petición, el macho se sube en el dorso de la hembra y la cópula es finalizada (Cultam 2012).

- ✓ Nidos, Huevos e Incubación:

Los nidos son depresiones someras hechas en el sustrato, de un diámetro aproximado de 14-18 cm. Generalmente los nidos se ubican en zonas expuestas al viento, tal estrategia favorece la termorregulación de los padres cuando incuban. Asociados a los nidos, y a poca distancia, es posible encontrar rocas en las que a su lado noreste se encuentra una concentración de fecas. Estas zonas se les denominan “de cría” y son usadas por los polluelos para protegerse de las altas radiaciones durante el día y del frío durante la noche. También es posible que estas rocas sean reemplazadas por las salientes que se forman en los canales aluvionales secos.

Los huevos de garuma son de tono blanquecino con pequeñas manchas irregulares de color café, distribuidas heterogéneamente por la superficie de la cáscara. Sus

dimensiones promedios de largo y ancho son 56,9 x 41 mm respectivamente, el peso promedio es de 45,8 g.

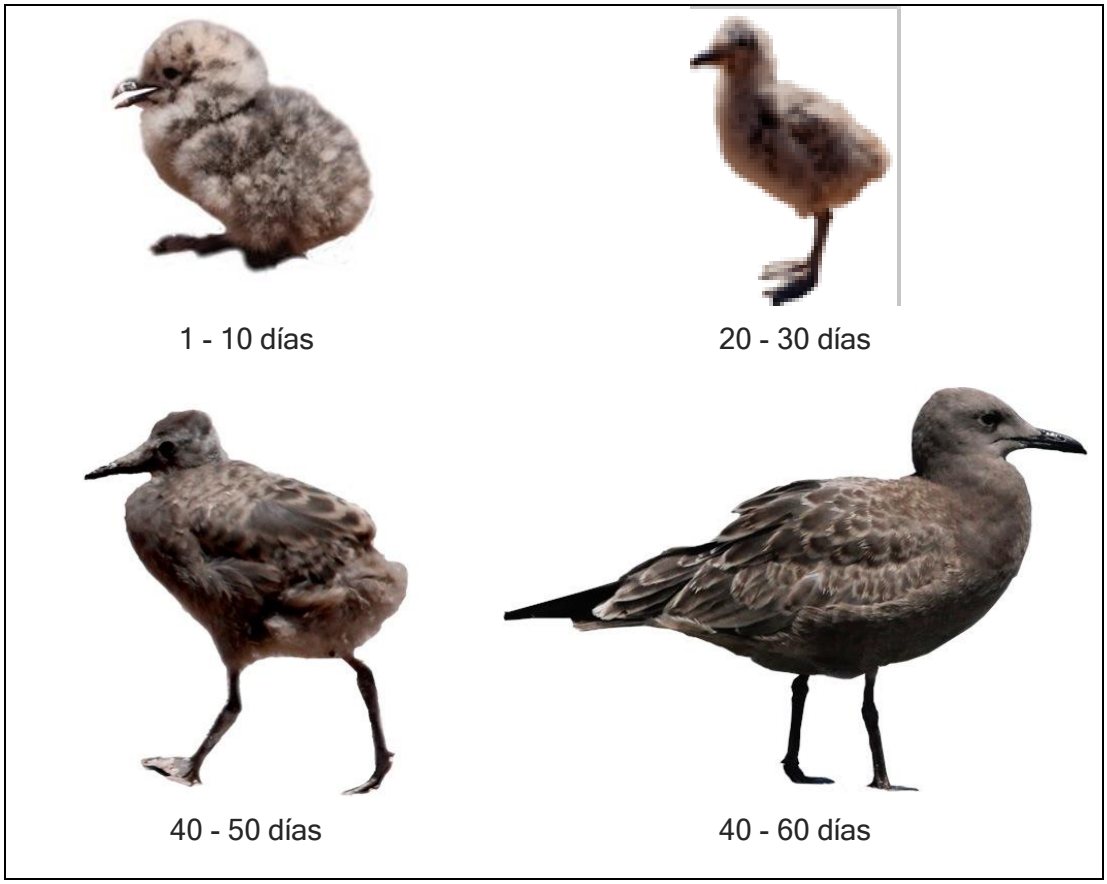
La postura de los huevos, comienza a fines del mes de noviembre y se prolonga hasta mediados de enero. La incubación de los huevos dura aproximadamente 29-30 días, en que ambos padres se alternan diariamente en esta labor (Cultam 2012).

- ✓ <u>Crianza:</u>

La etapa crianza de los polluelos se extiende por 60 a 70 días. Los polluelos, al nacer, presentan características de aves semi-precoces: el cuerpo está cubierto de plumón, con los ojos abiertos, poca movilidad y dependen completamente de los padres para su alimentación. Durante los primeros cinco a diez días de edad los polluelos son atendidos y protegidos de las condiciones ambientales características del desierto, por uno de sus padres. Posteriormente, cuando los polluelos son capaces de regular su temperatura corporal, son dejados solos en el desierto y visitados por al menos uno de sus padres durante la noche para alimentarlos. Esta relación durará hasta que los polluelos sean capaces de volar hacia la costa. A medida que los polluelos van creciendo sus cambios corporales y conductuales son notorios como se grafica en la Figura 5.

A partir de los 60 días los polluelos, que ahora se les denomina volantones, ya no presentan evidencias de plumón. Las plumas de las alas han alcanzado el tamaño suficiente para que los individuos puedan volar. Las prácticas de vuelo las realizan en distancias cortas cerca del sitio de nidificación, para, finalmente, emprender el vuelo acompañados de sus padres hacia la costa. Una vez allí, los volantones siguen ligados a sus padres los cuales continúan ocasionalmente alimentándolos. Existen resgistros de volantones que son abandonados por sus padres, algunos se quedan en el sitio de nidificación muriendo de inanición y otros vuelan hacia la costa no llegando a destino por falta de energía. Estos registros se observaron durante los recorridos pedestres diurnos entre el área de nidificación Cerro Plomo, Cerro Negro y la costa Sur de Antofagasta.(Cultam 2012).

Figura 5: Estados de Desarrollo de los Polluelos de Gaviota Garuma



Fuente: Cultam, 2012.

4.1.4 Estado de Conservación de Gaviota Garuma

Esta especie ha sido clasificada a nivel nacional como Vulnerable según Ley de Caza N°19.473 (DS N°05/98 Ministerio de Agricultura).

4.2 Caracterización del Área

El área de estudio es un planicie sin eminencia alguna, de alta homogeneidad ambiental, carente por completo de rocas, los accidentes destacables son canales aluvionales secos.

La extrema aridez de estas áreas desprovistas de vegetación dificulta el asentamiento de comunidades de fauna. Sólo algunas especies, como la Gaviota Garuma están adaptadas para termoregular eficientemente y sobrevivir en tales condiciones ambientales extremas (ver Figura 6).

Figura 6: Vista General del Área de Estudio



Fuente: Elaboración propia.

4.3 Puntos de Escuchas Nocturnas

Para la evaluación de las rutas aéreas, se establecieron 16 puntos de escucha de vocalizaciones, estos puntos se agruparon de a cuatro puntos durante cuatro noches, estos cuatro puntos diarios se eligieron por logística, buscando los puntos más cercanos entre sí, dando como resultado que el área de estudio se dividió en cuatro sectores, los que fueron muestreados durante los cuatro días de escuchas nocturnas (ver Tabla 3). Los

sectores se distribuyeron de la siguiente manera: Tres en el área donde se instalarán los aerogeneradores y una en la línea de transmisión.

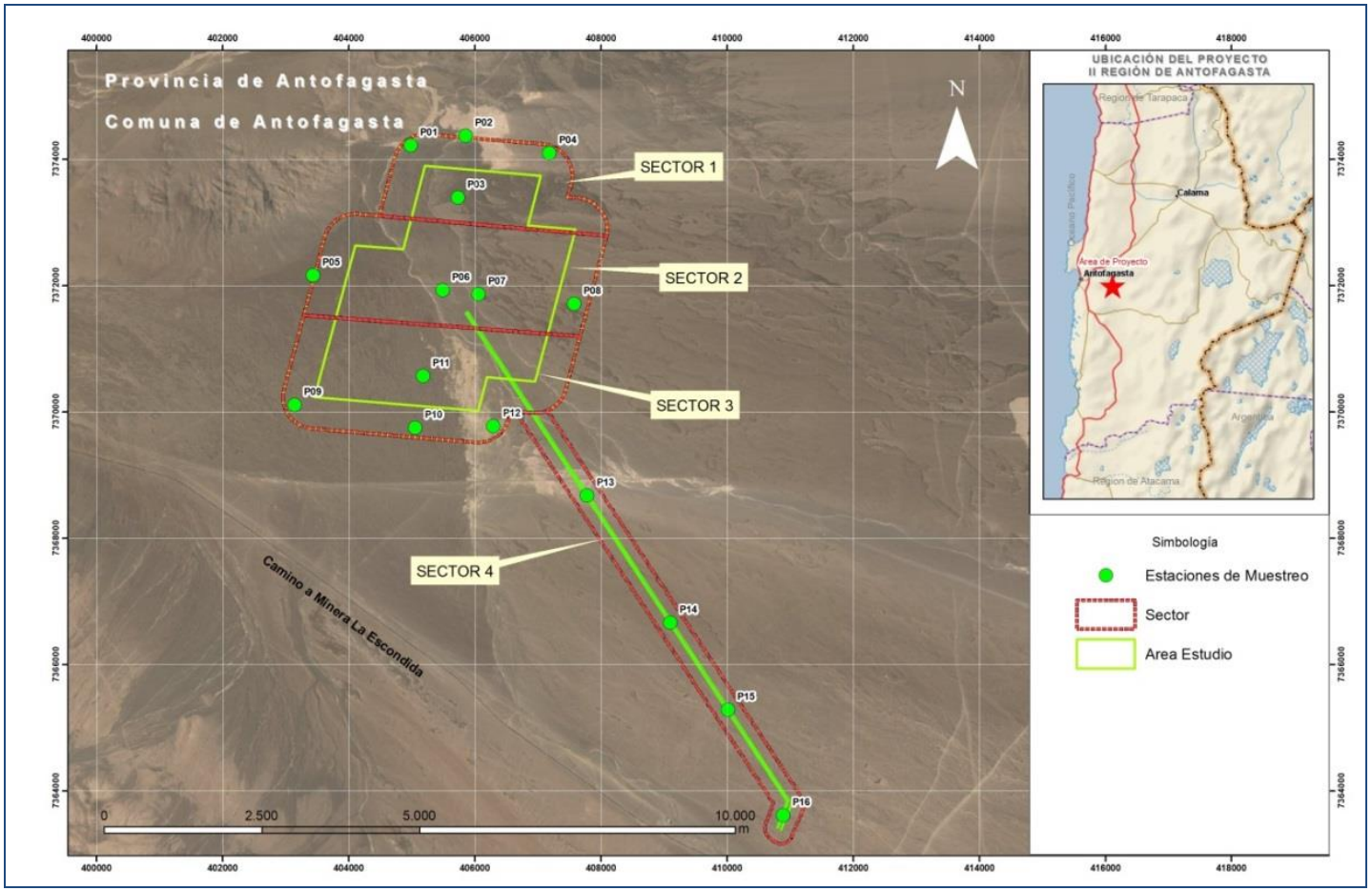
Los puntos fueron definidos para la realización de la primera campaña de terreno y fueron repetidos durante la segunda y tercera campaña. La representación cartográfica del esfuerzo de muestreo se presenta en la Tabla 3 y Figura 7.

Tabla 3: Ubicación de los Puntos de Escuchas Nocturnas por Sector

Sector	Punto	Este	Norte
Sector 1	P01	405.857	7.374.374
	P02	404.985	7.374.222
	P03	405.738	7.373.393
	P04	407.188	7.374.101
Sector 2	P05	403.436	7.372.160
	P06	405.496	7.371.927
	P07	406.062	7.371.863
	P08	407.579	7.371.710
Sector 3	P09	403.147	7.370.111
	P10	405.060	7.369.752
	P11	405.182	7.370.566
	P12	406.297	7.369.776
Sector 4	P13	407.784	7.368.674
	P14	409.100	7.366.660
	P15	410.016	7.365.288
	P16	410.892	7.363.612

Fuente: Elaboración propia

Figura 7: Distribución Espacial de los Puntos de Escuchas Nocturnas



Fuente: Elaboración propia.

Durante las cuatro campañas de monitoreo, la mayor frecuencia de vocalizaciones/hora fue en el segundo horario, al amanecer (primeras tres campañas entre las 04:30 h – 06:00 h y cuarta campaña entre las 04:30 – 07:00 h), promediando un valor de frecuencia de 38,5 vocalizaciones/hora en la primera campaña, de 25,17 en la segunda campaña, de 7,63 en la tercera campaña y de 0,63 en la cuarta campaña. En este horario, al amanecer, las vocalizaciones iniciaron a las 04:30 h y terminaron a las 06:00 h durante las tres primeras campañas y a las 07:00 h en la cuarta campaña.

Por otra parte, en el primer horario, al anochecer (20:30-24:00 h), se observó la menor frecuencia de vocalizaciones/hora, promediando un valor de 5,79 vocalizaciones/hora durante la primera campaña, de 5,50 durante la segunda campaña, de 1,82 durante la tercera campaña y de 0,38 durante la cuarta campaña. Las vocalizaciones en este horario, al anochecer, comenzaron después de las 21:00 h y finalizaron a las 24:00 h.

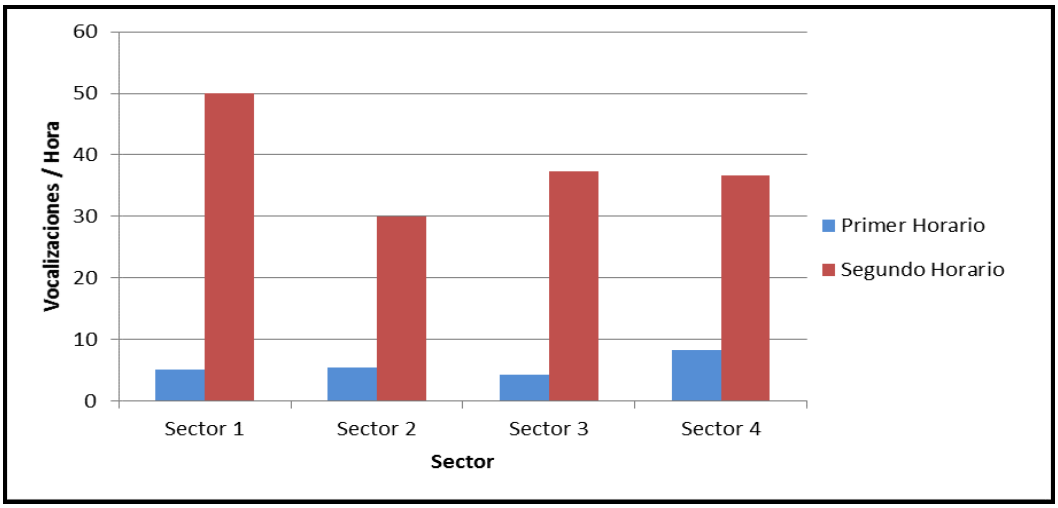
Respecto a la frecuencia de vocalizaciones promedio por sector, se indica que el sector 1 presentó la mayor frecuencia de vocalizaciones/hora durante el segundo horario, al amanecer en todas las campañas realizadas (noviembre, diciembre, enero y febrero).

Respecto a las frecuencias de menores promedios, se indica que durante la primera y la cuarta campañas la menor frecuencia de vocalizaciones/hora en el primer horario, al anochecer (20:30 h – 24:00 h) se presentó en el sector 3, mientras que durante la segunda campaña, el sector 4 registró la menor frecuencia de vocalizaciones/hora durante el primer horario, al anochecer y finalmente, durante la tercera campaña, en el sector 1 se observó la menor frecuencia de vocalizaciones/hora durante el primer horario, al anochecer.

Considerando los datos obtenidos sólo durante el primer horario (al anochecer), los valores de mayor frecuencia de vocalizaciones/hora se registraron en el sector 4 durante la primera campaña, en el sector 2 durante la segunda campaña y en el sector 3 durante la tercera campaña. Mientras que en la cuarta campaña el valor de mayor frecuencia se observaron en dos sectores en el sector 1 y el sector 2. La comparación de la frecuencia

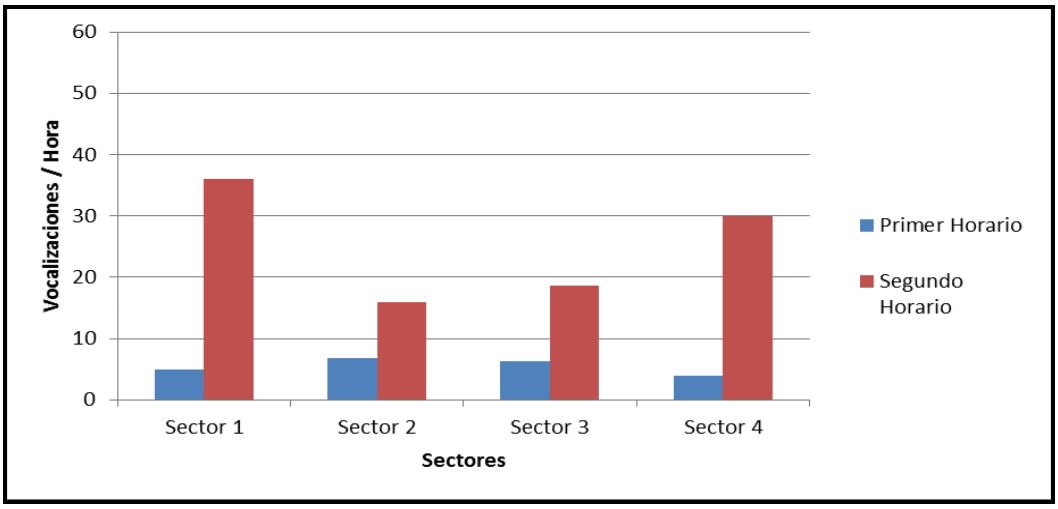
de vocalizaciones/hora de gaviotas garuma según sector, lapso de muestreo y campaña se muestran en la Figura 8 a la Figura 16. Conjuntamente la Figura 16 señala el valor promedio de los resultados indicados en las Figuras 12, 13, 14 y 15 a modo de presentar un análisis de la información obtenida de manera acumulativa según transcurren las campañas de levantamiento de datos.

Figura 8: Frecuencia Vocalizaciones Registradas según Sector, Noviembre 2014



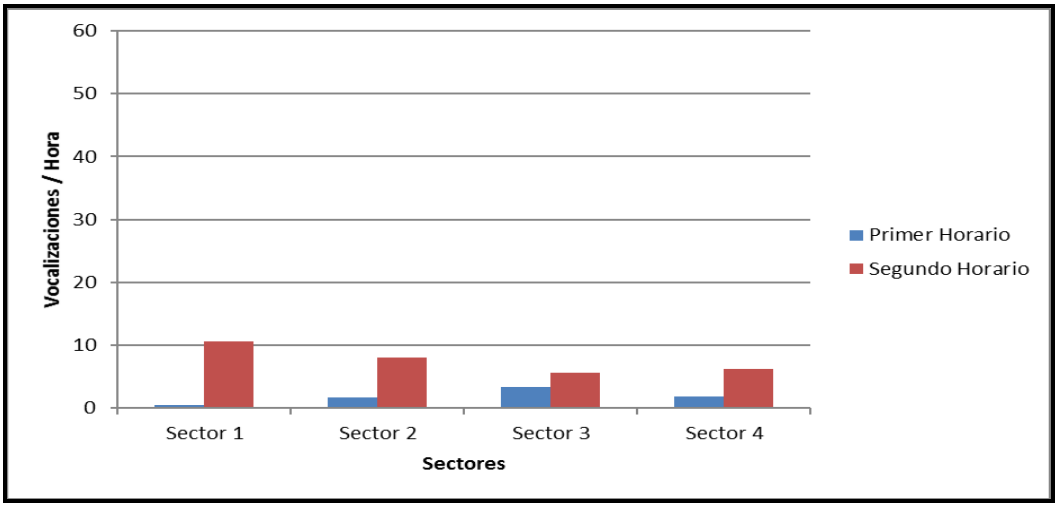
Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Frecuencia Vocalizaciones Registradas Según Sector, Diciembre 2014



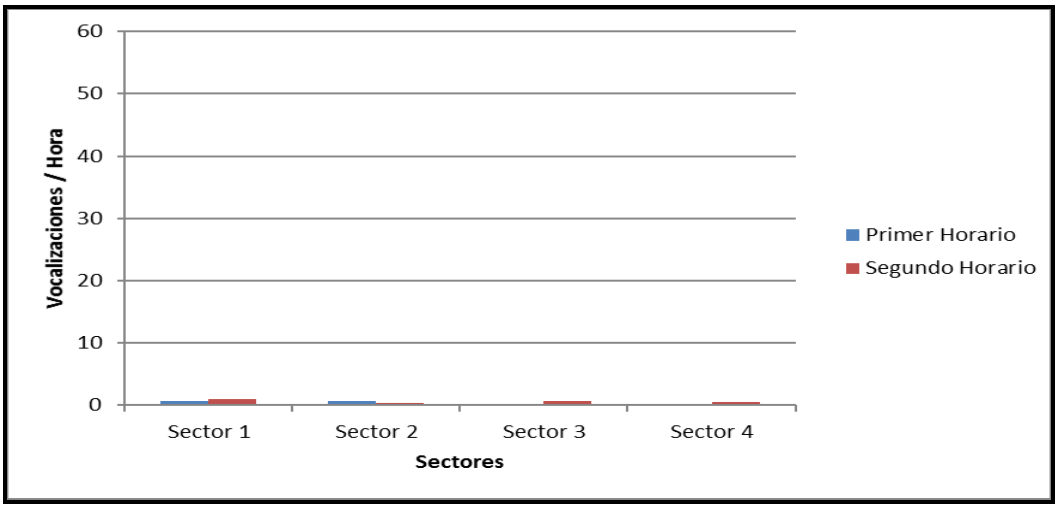
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10: Frecuencia Vocalizaciones Registradas Según Sector, Enero 2015



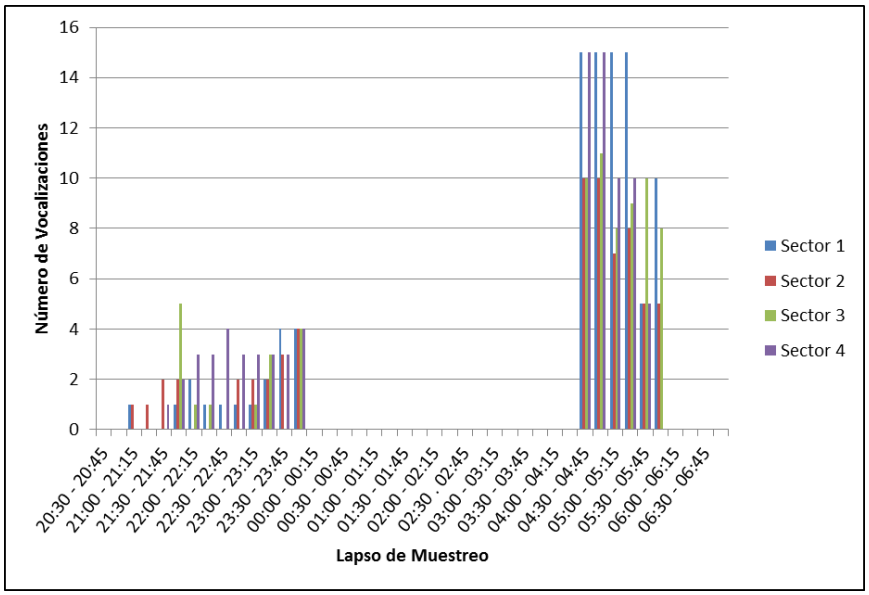
Fuente: Elaboración propia.

Figura 11: Frecuencia Vocalizaciones Registradas Según Sector, Febrero 2015



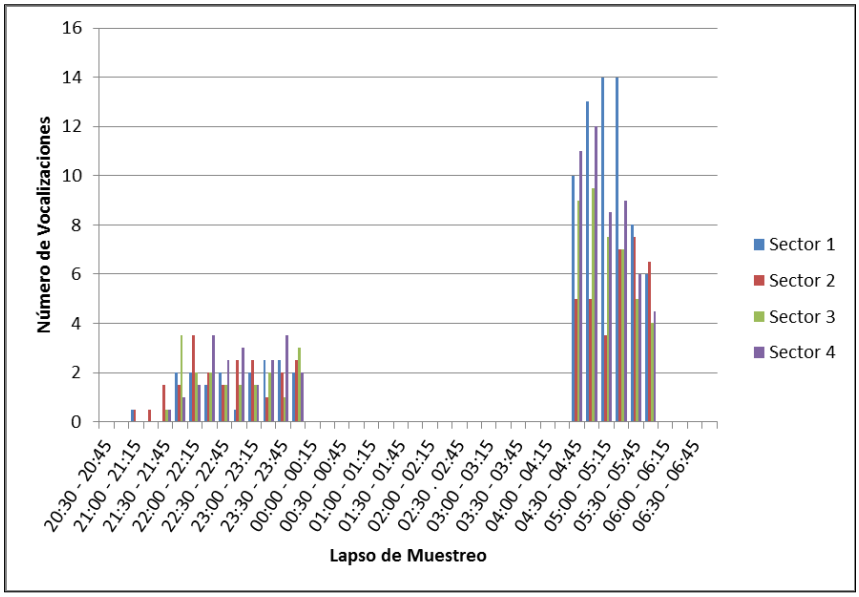
Fuente: Elaboración propia.

Figura 12: Vocalizaciones Distribuidas en el Horario de Muestreo Según Sector, Noviembre 2014



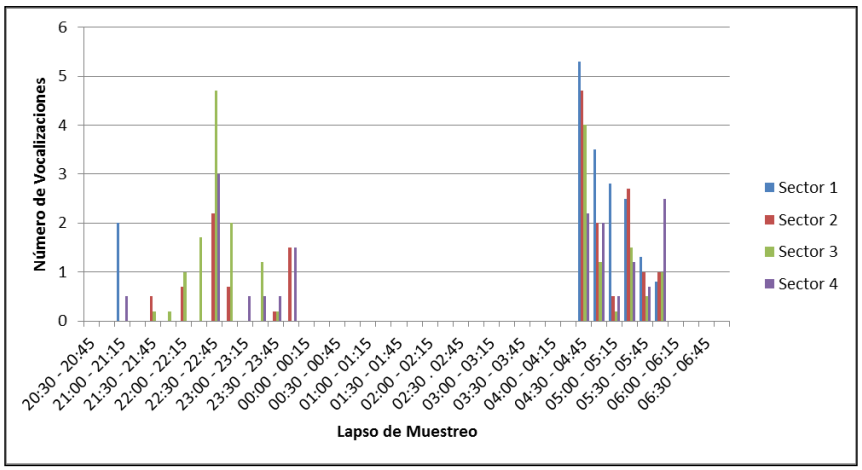
Fuente: Elaboración propia.

Figura 13: Vocalizaciones Distribuidas en el Horario de Muestreo Según Sector, Diciembre 2014



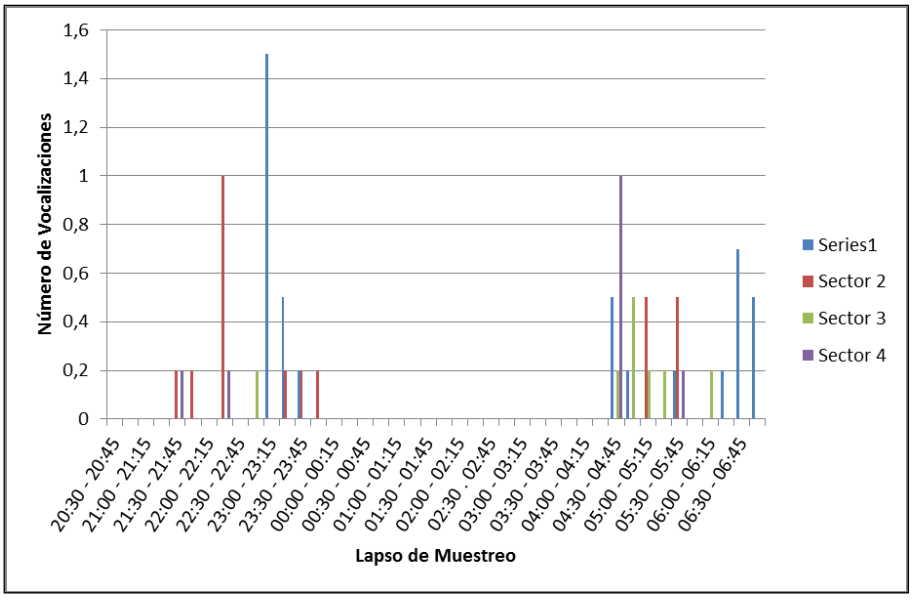
Fuente: Elaboración propia.

Figura 14: Vocalizaciones Distribuidas en el Horario de Muestreo Según Sector, Enero 2015



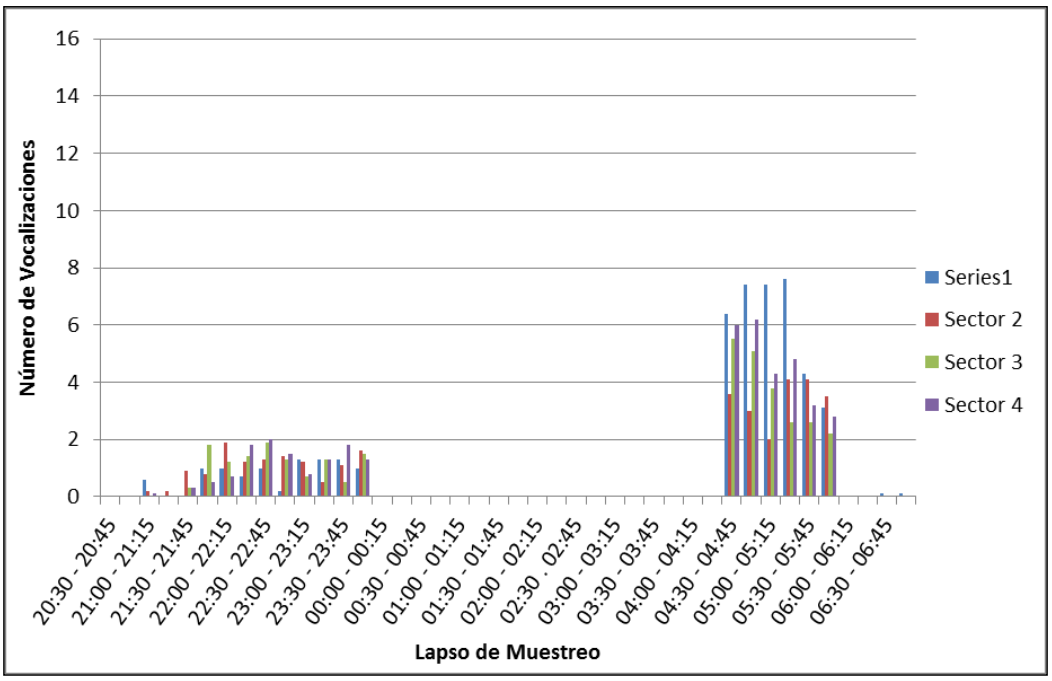
Fuente: elaboración propia.

Figura 15: Vocalizaciones Distribuidas en el Horario de Muestreo Según Sector, Febrero 2015



Fuente: elaboración propia.

Figura 16: Promedio de Vocalizaciones Distribuidas en el Horario de Muestreo Según Sector para las Campañas Noviembre 2014 – Febrero 2015



Fuente: elaboración propia.

Los horarios de escucha nocturnas definidos para la metodología de muestreo, se establecieron siguiendo lo propuesto por Cultam (2013) que sugirió un horario definido marcado por tránsito de las aves al anochecer y al amanecer en su ir y venir diario desde la costa de Antofagasta. De acuerdo a lo anterior, se tiene que en los horarios definidos existe una seguridad para el tránsito y detección de la especie por sobre el área del Proyecto. Las vocalizaciones se concentran en gran parte en los horarios definidos de muestreo, siendo poco perceptible y circunstancial la detección de individuos fuera de estos horarios.

La Tabla 4 presenta las direcciones de vuelo registradas en todas las campañas. Cabe destacar que todos los puntos de escucha nocturnos señalaron iguales direcciones en ambos horarios hasta la tercera campaña, a partir de la cuarta campaña se escucharon a las aves vocalizar en diferentes direcciones.

Tabla 4: Dirección de Tránsito de Vuelo según Vocalizaciones

Horario de escucha	Dirección	
	Desde	Hacia
Primer Horario Anochecer	Noroeste	Este
	Noroeste	Sureste
	Oeste	Este
	Este *	Oeste*
	Este *	Sureste*
	Suroeste*	Este*
	Suroeste*	Sureste*
Segundo Horario Atardecer	Sureste	Noroeste
	Este	Oeste
	Noreste*	Suroeste*
	Este *	Noroeste*
	Noreste*	Noroeste*
	Noroeste*	Sureste*

*Dirección de escucha nocturna registrada solo durante la cuarta campaña

Fuente: elaboración propia.

Debido a que en las campañas de noviembre y diciembre de 2014, no se pudo distinguir individuos de Gaviota Garuma volando en el área debido a la ausencia de luminosidad que genera escasa visibilidad y solo se pudieron registrar de manera indirecta mediante la escucha de sus vocalizaciones, la campaña de enero de 2015 se fijó según la fase de la luna, aprovechando la luz de la luna llena para las observaciones, sin embargo tampoco fue posible el registro directo de los individuos, y nuevamente solo se identificaron mediante la escucha de sus vocalizaciones (Figura 17).

De acuerdo a los valores de la elevación de los cerros cercanos a los puntos de escucha, se estimó de forma referencial que el rango de altura de vuelo de los individuos de gaviota para el área de estudio supera los 100 m.

Figura 17: Visibilidad Nocturna del Área del Proyecto

Campañas Noviembre-Diciembre 2014 y Febrero 2015	Campaña Enero 2015
	

Fuente: Elaboración propia

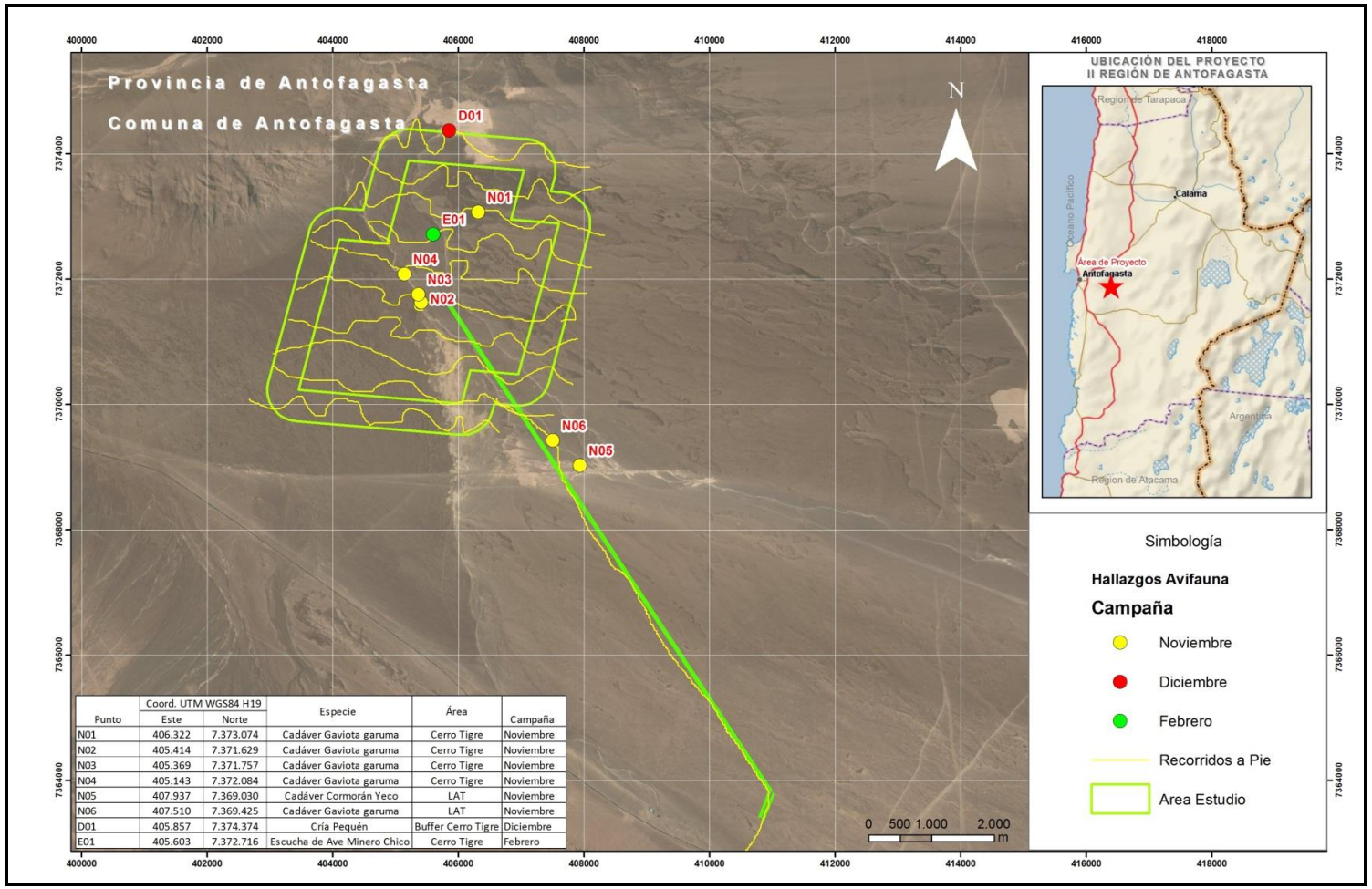
4.4 Recorridos Pedestres Diurnos

A pesar de los esfuerzos de muestreo y de la observación directa, junto a la búsqueda activa de evidencia indirectas en terreno (ver Figura 20), sólo en la primera campaña se detectaron cinco cadáveres de volantones de Gaviota Garuma y uno de yeco (*Phalacrocorax brasilianus*). Además, en todas las campañas se registraron jotes de cabeza colorada (*Cathartes aura*) sobrevolando el área. Únicamente durante la segunda campaña se escuchó un polluelo del ave rapaz pequén (*Athene cunicularia*) dentro de una cavidad formada por las costras de sal, sin ser registrado nuevamente en la tercera y cuarta campaña. En la cuarta campaña se escuchó al ave minero chico (*Geositta maritima*).

En la Figura 18 se grafica la distribución espacial de los recorridos pedestres y de los registros de avifauna dentro del área de estudio, en que cada punto corresponde, en el caso del mes de noviembre de 2014, a un cadáver de volantón o yeco, en el caso del mes de diciembre de 2014 al polluelo vivo de pequén y en el caso del mes de febrero de 2015 a un individuo de minero chico.

Asimismo, se destaca la identificación de deyecciones distribuidas azarosamente por el área de estudio, presumiblemente efectuadas por las aves durante el vuelo, a diferencia de lo que ocurre en un sitio de nidificación o en lugares que las aves usen para descansar, donde las fecas se ven concentradas en áreas pequeñas (ver Figura 19 y Figura 20).

Figura 18: Distribución de los Recorridos Pedestres y Hallazgos Indirectos de Avifauna



Punto	Coord. UTM WGS84 H19 Este	Norte	Especie	Área	Campaña
N01	406.322	7.373.074	Cadáver Gaviota garuma	Cerro Tigre	Noviembre
N02	405.414	7.371.629	Cadáver Gaviota garuma	Cerro Tigre	Noviembre
N03	405.369	7.371.757	Cadáver Gaviota garuma	Cerro Tigre	Noviembre
N04	405.143	7.372.084	Cadáver Gaviota garuma	Cerro Tigre	Noviembre
N05	407.937	7.369.030	Cadáver Cormorán Yeco	LAT	Noviembre
N06	407.510	7.369.425	Cadáver Gaviota garuma	LAT	Noviembre
D01	405.857	7.374.374	Cría Pequén	Buffer Cerro Tigre	Diciembre
E01	405.603	7.372.716	Escucha de Ave Minero Chico	Cerro Tigre	Febrero

Fuente: Elaboración propia.

Figura 19: Áreas Prospectadas

Llano Desprovisto de Vegetación





Canales sin Actividad Reproductiva





Fuente: Elaboración propia.

Figura 20: Avifauna Registrada en el Área del Proyecto

Parte de Cadáver de Gaviota Garuma



Fecas de Gaviota Garuma



Cadáver de Yeco



Jote de Cabeza Colorada sobrevolando el área



Fuente: Elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

Del trabajo realizado en las cuatro campañas de monitoreo, se puede concluir que el área de estudio es efectivamente zona de tránsito aéreo de Gaviota Garuma, no obstante no se lograron ver, solo se evidencian mediante escucha.

La información levantada durante las cuatro campañas de terreno, indica que no existen evidencias suficientes para determinarla como área de nidificación.

En todas las campañas se registró la presencia activa de Gaviota Garuma sólo durante los muestreos nocturnos, mediante escucha de vocalizaciones en el área de estudio, a diferencia de lo que ocurre durante los muestreos diurnos donde sólo se registraron evidencias indirectas como fecas y cadáveres de volantones. La única excepción fue en la cuarta campaña durante los muestreos nocturnos, donde se observaron dos individuos volando a una altura aproximada de 6 m los cuales no vocalizaron. Estos podrían corresponder según las fases descritas por Cultam a volantones que realizan prácticas de vuelo en las áreas cercanas a los sitios de nidificación o volantones que quedaron abandonados por sus padres en el camino desde el sitio de nidificación hacia la costa.

Todos los puntos de escucha nocturnas muestreados en las cuatro campañas entregan registros positivos, aunque la mayor frecuencia de vocalizaciones, se registró en el periodo comprendido entre las 04:30 h y las 06:00 h en las primeras tres campañas y entre las 04:30 h y las 07:00 en la cuarta campaña. En relación a lo anterior se observó que la tendencia de los valores de la frecuencia de vocalizaciones / hora son decrecientes desde la primera campaña hasta la tercera, bajando de un valor promedio de 38,5 vocalizaciones / hora en la primera campaña, a un valor promedio de 25,17 vocalizaciones / hora en la segunda campaña, a un valor promedio de 7,63 vocalizaciones / hora en la tercera campaña y finalmente a un valor promedio de 0,63 vocalizaciones / hora en la cuarta y última campaña. Esta disminución notoriamente menor del mes de febrero puede

suceder debido al abandono de los primeros volantes y sus padres del sitio de nidificación hacia la costa.

Igualmente, se registraron vocalizaciones aisladas entre los horarios de escucha en todas las campañas, sin influir en los cálculos de frecuencia. Este dato nos revela que las vocalizaciones ocurren durante toda la noche. No obstante la mayor concentración ocurre dentro de los horarios muestreados.

Las direcciones de tránsito durante la primera campaña en el primer horario de escucha nocturnas, presentaron un sentido de Noroeste a Sureste y de Oeste a Este, en este caso se dirigían al sitio de Cerro Plomo; mientras que, para el segundo horario se observaron vuelos en sentido inverso (hacia la costa). Estas observaciones concuerdan con lo descrito por la literatura en que se describe que los adultos se desplazan del sitio de nidificación a la costa y viceversa en dos momentos. Estas direcciones se mantuvieron en la segunda y la tercera campaña. Distinto fue lo sucedido durante la cuarta campaña donde además de las direcciones registradas con anterioridad se incluyeron nuevas direcciones que no siguen estrictamente la dirección entre el sitio de nidificación y la costa, esto también concuerda con la literatura debido a que esta fase correspondería a la etapa en que los volantones realizan vuelos de práctica en lugares cercanos al sitio de nidificación o podrían perderse entre el camino desde el sitio de nidificación a la costa, volando por el área sin una dirección definida, situación contraria a los sucedido en los monitoreos anteriores.

Respecto a la evaluación de la altitud de vuelo se pudo estimar de manera referencial con la escucha de todas las vocalizaciones registradas. De acuerdo a lo anterior, es posible inferir que las aves pasan volando por sobre las cimas de los cerros existentes en el área del Proyecto y próximos a ella, por lo que, tomando en consideración la cima más alta de los cerros cercanos a los puntos de escucha, se estima que la mayor cantidad de aves vuela aproximadamente en un rango de altitud sobre los 200 msnm, no descartándose alturas de vuelo menores al rango indicado. Coincidiendo con lo descrito en la literatura

donde se describe que los vuelos de la Gaviota Garuma deben alcanzar una altitud suficiente para poder sortear las cimas de los cerros de la Cordillera de la Costa (Cultam, 2012).

A pesar de la presencia de canales aluvionales secos, que coinciden con lo descrito en la literatura en que se les señala como hábitat de nidificación, en ellos no se encontraron evidencias (concentraciones de fecas, restos de nidos) que haga presumir que sean usados con tales propósitos. En estos socavones sólo durante la primera campaña se observaron cinco cadáveres de volantones de Gaviota Garuma y un adulto de yeco, los cuales fueron removidos del área. Durante la segunda, la tercera campaña y la cuarta campaña no se identificaron nuevos cadáveres de avifauna, lo que nos hace presumir que todos los cadáveres encontrados durante la primera campaña fueron arrastrados por el viento hacia los canalones o, eventualmente, algún depredador los haya desplazado.

6. BIBLIOGRAFIA

- AGUILAR. E, C. GUERRA, L. FITZPATRICK & G. LUNA (1998). Thermobiology of the Gray gull (*Larus modestus*) embryos and hatchlings correlates of nesting in the Atacama desert. Estudios Oceanológicos 17: 7-12. Disponible en línea: http://www.uantof.cl/recursos_mar/pdf/vol17/vol17_7.pdf.
- CULTAM (2012). La Nidificación de la Gaviota Garuma y su vulnerabilidad a las actividades antrópicas en el Desierto de Atacama. Fondo de Protección Ambiental. Chile. 38 p.
- CULTAM (2013). La garuma, gaviota del desierto, Roberto Aguilar. Ministerio de Medio Ambiente. 86 p.
- FITZPATRICK LC, CG GUERRA & M CICUTOVIC (1992) reproductive ecology of the desert-nesting Gray-Gull *Larus modestus*. *In*: W. Hamlett (ed.) Reproductive biology of South American Vertebrates. Springer Verlag, New York, 328 pp.
- GOODALL, J.D., R. PHILIPPI & A. JOHNSON (1945). Nesting habits of the Peruvian gray gull. Auk 62: 450-451
- GUERRA, C., L. FITZPATRICK, R. AGUILAR & B. VENABLES (1988). Reproductive Consequences of El Niño-Southern Oscillation in Gray Gulls (*Larus modestus*). Colonial Waterbirds 11(2):170-175.
- GUERRA, C. (1990). Historia de vida comparada de dos subpoblaciones de *Larus modestus* en el norte de Chile. Informe final Proyecto 88-070 Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONDECYT), Chile.
- HOWELL, T., B. ARAYA y W. MILLIE (1974). Breeding biology of the gray gull, *Larus modestus*. Univ. Calif. Publ. Zool. 104: 1-57.
- JARAMILLO, A., P. BURKE. y D. BEADLE. (2003). Aves de Chile. Princeton University Press. 240 p.
- MARTÍNEZ, D. y G. GONZÁLEZ. (2004). Las Aves de Chile, Nueva Guía de Campo. Ediciones del Naturalista. 620 p.

- Servicio Agrícola y Ganadero, SAG. (2004). Medidas de Mitigación de impactos ambientales en fauna silvestre. 180 pp.
- Servicio Agrícola y Ganadero, SAG. (2012). La Ley de Caza y su Reglamento. XIII Edición. Servicio Agrícola y Ganadero, Departamento de Protección de los Recursos Naturales Renovables. 97 pp.
- Servicio Agrícola y Ganadero, SAG. (2014). Medidas de Mitigación de Impactos en Aves Silvestres y Murciélagos". 84 pp.



Apéndice B

Modelación del Riesgo de Colisión de la Gaviota Garuma

PARQUE EÓLICO CERRO TIGRE



Modelación de Riesgo de Colisión de la Gaviota Garuma

Abril de 2015

NIRAS Consulting Ltd
ST. Giles Court, 24 Castle Hill
Cambridge CB3 0AJ, UK

Reg. No 07470870
England & Wales

T: +44 (0)1223 803750
www.nirasconsulting.co.uk

Número de Proyecto de NIRAS	UKN0202
Nombre de Contacto de NIRAS	Ian Ellis
Título del Documento	Modelación de riesgo de colisión de la Gaviota Garuma
Cliente	Mainstream Renewable Power
Nombre de Contacto del Cliente	Noel Caroline Boher T.

Detalles del documento

	Nombre	Firma	Versión	Fecha
Emitido por (NIRAS)	Ian Ellis		2	27/03/2015
Aceptado por (Cliente)				

Aprobación Final del Documento

NIRAS Consulting Ltd no acepta responsabilidad u obligación alguna por cualquier uso de este documento por alguien que no sea el Cliente y para el fin que fue originalmente encargado y elaborado. Este documento representa únicamente la opinión de NIRAS Consulting Ltd.

Este informe ha sido preparado dentro del Sistema de Gestión de Calidad de Planificación y Desarrollo de NIRAS Consulting Ltd según la norma británica EN ISO 9001:2008

bsi. ISO 9001 Quality Management

FS 591914

Contenidos

RESUMEN EJECUTIVO 2

1. INTRODUCCIÓN 4

2. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS 6

3. CARACTERÍSTICAS DE LAS RUTAS DE VUELO ENTRE CERRO PLOMO Y LA COSTA DE ANTOFAGASTA 9

4. MÉTODOS: MODELADO DE RIESGO DE COLISIÓN 14

- *Corrección para Conjunto Grande* 19
- *Evasión y atracción* 19
- *Distribución de altura de vuelo* 19
- *Mortalidad de Fondo* 20

5. MÉTODOS: MORTALIDAD BIOLÓGICA POTENCIAL 20

6. RESULTADOS 23

- *Modelación de Riesgo de Colisión* 23
- *Mortalidad de fondo* 24

7. EVALUACIÓN DE RIESGO DE COLISIÓN DE LA GAVIOTA GARUMA EN CERRO TIGRE 25

8. CONCLUSIONES DE EVALUACIÓN 27

9. MONITOREO EN LA FASE DE OPERACIÓN . ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

10. REFERENCIAS 28

Apéndice 1: Ejemplo de hoja de cálculo dentro de la herramienta CRM Band (2012) 30

Resumen Ejecutivo

En el marco del proceso de evaluación de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) Parque Eólico Cerro Tigre se ha desarrollado este estudio para determinar una Modelación del Riesgo de Colisión (CRM) de la población de Gaviota Garuma que nidifica en Cerro El Plomo y que en su vuelo diario entre la costa y el interior y a la inversa durante su periodo de nidificación transita por un área que abarca al área del Parque Eólico Cerro Tigre.

Para la realización de la Modelación del Riesgo de Colisión se requiere de una serie de parámetros (requeridos por el Modelo de Band (2012) usados en el CRM), los que han sido estimados en base a información sobre el ciclo reproductivo de esta especie y observaciones de comportamiento y datos biométricos de otras especies estrechamente relacionadas con la Gaviota Garuma. El enfoque adoptado se basa en la consideración de múltiples escenarios preventivos, uno de los cuales se ha incluido en la hipótesis usada en este estudio. Esta estimación ha debido ser realizada por la insuficiente información disponible respecto a la Gaviota Garuma.

Dentro de los elementos utilizados en el modelo, se ha considerado que el corredor de vuelo más probable por donde transita la población de Gaviota Garuma en su paso desde la costa hacia el sitio de nidificación de Cerro Plomo, se extiende aproximadamente entre Punta Itata por el norte y Punta Coloso aproximadamente por el límite sur.

Respecto a la altura de vuelo, y dada la ausencia de datos específicos para el área de estudio, se ha considerado una distribución de alturas de vuelo de la mayor parte de los individuos de Gaviota Garuma superior a la altura del rotor de los aerogeneradores. Para efectos de la modelación realizada, se ha supuesto preventivamente proporciones del 5% y 1% de aves a la altura del rotor y una tasa de evasión de 99,2%, establecida a partir de lo aconsejado para la especie Gaviota Cana (*Larus canus*), comparable con la especie en estudio (Gaviota Garuma)

De acuerdo al escenario configurado para la modelación, el resultado predijo para la población de Gaviota Garuma que nidifica en Cerro Plomo una tasa de colisión anual de la Gaviota Garuma de 14 y 3 colisiones/año utilizando valores de alturas de colisión del 5% y 1% respectivamente. Esto representa un incremento en la mortalidad de esta población respecto al nivel base de 1.08% y 0.22% respectivamente.

Relacionando el número de colisiones probables estimadas con el número de individuos de la población de Cerro Plomo resiste sin verse afectada (479 individuos estimados como “Mortalidad Biológica Potencial”), se ratifica que la interacción del Proyecto con la especie será menor y distante del número de individuos que afectarían significativamente la especie.

En conclusión, teniendo en cuenta el conservador escenario modelado, se establece que dentro del proceso de evaluación ambiental al que ha sido sometido el Proyecto mediante su Declaración de Impacto Ambiental (DIA), no se anticipa que el efecto asociado a colisiones con los rotores de las turbinas en Cerro Tigre vaya a resultar en un efecto significativo sobre la población de Gaviota Garuma.

1. INTRODUCCIÓN

A modo de complemento del estudio de monitoreo de gaviota garuma, realizado durante el periodo noviembre 2014 a febrero de 2015 realizado por Mankuk, el titular ha encargado a la empresa NIRAS realizar el presente estudio, cuyo objetivo se encuentra en la determinación de la interacción del Proyecto Parque Eólico Cerro Tigre con la población de Gaviota Garuma que nidifica en Cerro Plomo, mediante la realización de una Modelación de Riesgo de Colisión (CRM).

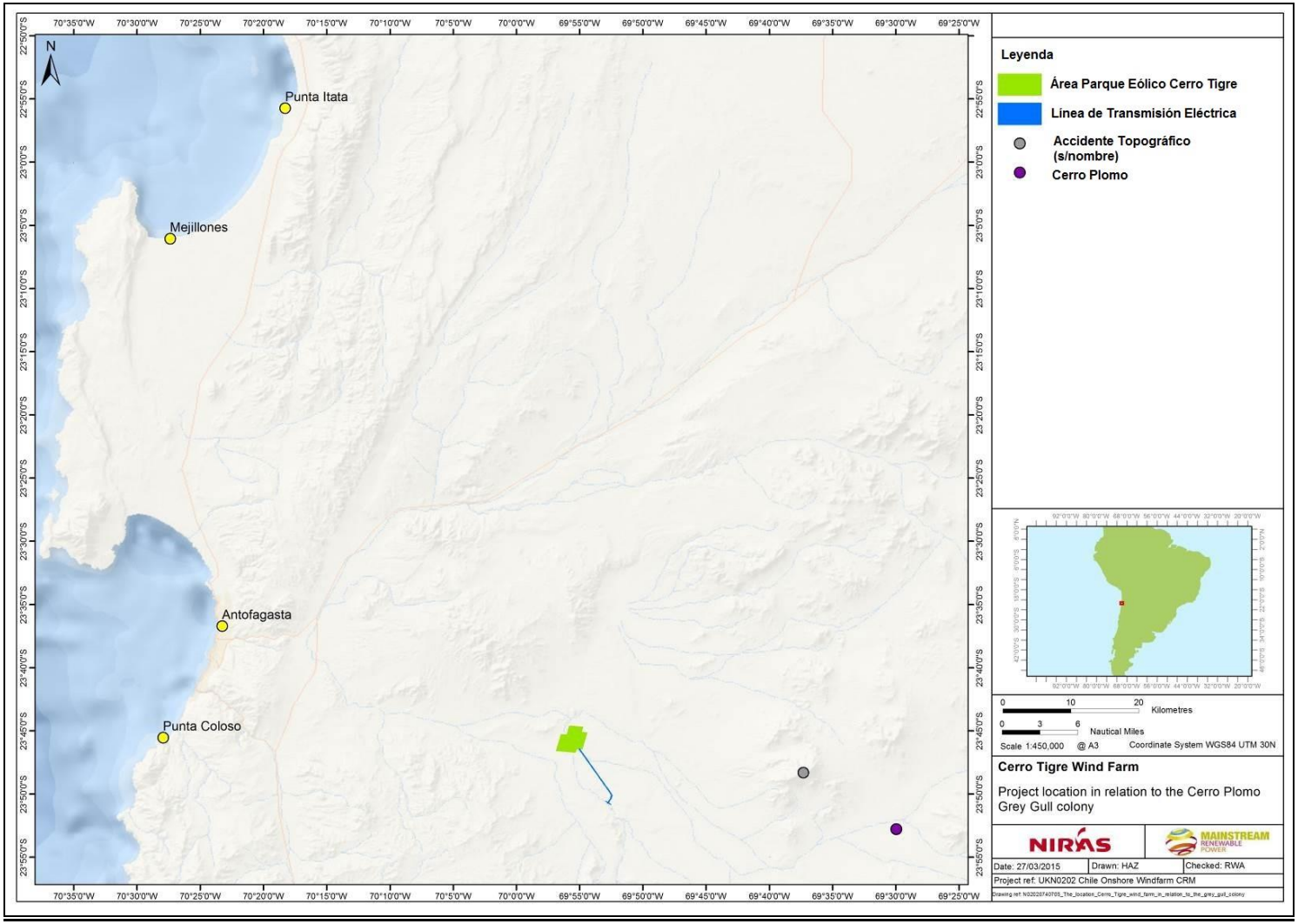
De acuerdo a lo planteado, en el mes de febrero de 2015, el personal de NIRAS realizó un estudio in situ incluyendo también conteo de individuos en la costa y vista al sitio de nidificación, para recopilar datos de campo específicos para realizar una Modelación de Riesgo de Colisión a partir del desplazamiento de la especie Gaviota Garuma por sobre el área del Proyecto con el fin de reportar dicha información en la Adenda del Proyecto

Para la modelación se utilizó el Modelo Band (2012) para cuantificar el riesgo de mortalidad por colisión como resultado la interacción de los aerogeneradores – con su rotor, en específico - del Proyecto. En ausencia de observaciones de campo, hay incertidumbre en cuanto al ancho y el número de líneas de vuelo entre la colonia de Cerro Plomo y la costa, los números de aves que transitan y, en el sitio del Proyecto, su distribución de altura de vuelo.

Además de lo anterior, se considera en este informe técnico la probabilidad de colisiones de las Gaviotas Garuma con la Línea de Transmisión Eléctrica que conectará al Parque Eólico Cerro Tigre con la Subestación Seccionadora.

En Figura 1 se presenta la ubicación del Parque Eólico Cerro Tigre respecto a la localización del sitio de nidificación de Cerro Plomo y los posibles lugares geográficos desde donde la especie Gaviota Garuma realiza sus viajes hacia el interior en busca del sitio de nidificación.

Figura 1: Ubicación del Proyecto en relación al Sitio de Nidificación de Cerro Plomo



Fuente: Elaboración propia

2. Antecedentes Bibliográficos

2.1. Población Reproductiva y Fenología de la Gaviota Garuma

Respecto a la bibliografía existente de la Gaviota Garuma en la región de Antofagasta, se indica que la distribución de su reproducción se limita al Desierto de Atacama, en el norte de Chile, aproximadamente a 20-100 km hacia el interior de la costa[1]. No obstante lo anterior, existen numerosas observaciones de nidificación de Gaviota Garuma en otras ubicaciones geográficas, como por ejemplo, en la playa de El Cangrejal (Perú), aproximadamente a 1.200 km al norte de Antofagasta.

De acuerdo a lo planteado por Cultam (2013), las localidades de la región de Antofagasta que han albergado actividades reproductivas de la Gaviota Garuma se han establecido como abandonadas durante las visitas inspectivas realizadas a inicios del año 2012, con la excepción de los sitios de nidificación localizados en las zonas de Sierra Valenzuela y Cerro Negro. Contando con esta información, durante la siguiente temporada reproductiva (2012-2013), se amplió la búsqueda para la identificación de la posible existencia de colonias no identificadas previamente (Cultam 2013), descubriendo dos colonias: aproximadamente 50 nidos ubicados al noreste de Cerro Negro, en Cerro Negro Norte y una colonia aproximada de 12.650 nidos, ubicada al sureste de Cerro Negro, llamada Cerro Plomo. Es precisamente el sitio de nidificación de Cerro Plomo el que se encuentra cercano al área del Proyecto Parque Eólico Cerro Tigre, identificando el paso diario de la Gaviota Garuma durante la época reproductiva en su desplazamiento ida y vuelta entre la costa y Cerro Plomo.

A partir de lo último, se encuentra la justificación del interés de conocer la posible interacción de la especie Gaviota Garuma con el Proyecto Parque Eólico Cerro Tigre, en específico (dadas las características propias del proyecto) en términos de sus posibles efectos de colisión.

2.2. Fenología de la Reproducción

Habitualmente, en el mes de octubre, grandes bandadas de Gaviota Garuma parten entre las 21:00 y las 22:00 horas desde la costa de Antofagasta hacia los sitios de nidificación ubicados hacia el interior del continente a fin de establecerse en esos territorios para

[1]Como por ejemplo, en los casos de Hoyo *et al.,* (1996); BirdLife International (2015).

actividades propias de la nidificación, regresando a la costa antes del amanecer en busca de alimentos para sus polluelos (Howell 1982, Guerra et al. 1998a).

La puesta de huevos comienza tempranamente en noviembre y continúa hasta mediados de enero, aunque en algunos años las nidificación ha sido detectada incluso durante la primera semana de febrero (Cultam 2013, Goodall et al. 1945, Guerra et al. 1998a). El tamaño de la nidificación por pareja suele ser de uno o dos huevos, ocasionalmente tres; al respecto los estudios han registrado un promedio de entre 1,53 – 1,65 huevos por pareja (Aguiler et al. 1998, Cultam 2013). Durante la incubación y hasta que los polluelos tienen entre 5-7 días, los padres aparentemente se alternan para cumplir las tareas de búsqueda de alimento y nidificación, un adulto busca alimentos en la costa durante el día, desplazándose desde y hacia el sitio de nidificación en la oscuridad (Howell 1982, Guerra et al. 1998a). La eclosión por su parte, se produce después de un promedio de 29 días de incubación (Aguiler et al. 1998), con dos adultos abasteciendo al polluelo de comida durante aproximadamente dos meses (Fitzpatrick et al. 1992). El periodo de emplumamiento se ha estimado entre 50 y 60 días a partir de estudios de tasa de crecimiento y observaciones de campo de polluelos, individualmente marcados (Guerra et al. 1988a), mientras que Cultam (2013) afirma 60 – 70 días, pero sin establecer una explicación de cómo este periodo ha sido determinado.

Considerando lo observado durante la visita al área del Proyecto Parque Eólico Cerro Tigre y el sitio de nidificación de Cerro Plomo, se indica que la colonia reproductiva de Gaviota Garuma había ya abandonado la actividad reproductiva en el sitio de nidificación el día 29 de febrero del año 2015, coincidiendo con la observación de un número considerable de individuos juveniles de Gaviota Garuma independientes de sus padres a lo largo de la costa de Antofagasta (observación directa del equipo consultor de NIRAS durante febrero – marzo de 2015). Lo anterior reporta de un término anticipado de la época reproductiva comparado con la información planteada por Cultam (2013), que menciona como poco frecuente la presencia de polluelos dependientes a partir de la segunda semana de marzo, durante el año 2013 a lo menos.

2.3. Tendencias Demográficas

La estimación de la población mundial de Gaviota Garuma, según Wetlands International en su última edición de estimaciones de población de aves acuáticas (Wetlands International 2015), es de 25.000 aves. Esta estimación se basa en la población registrada durante el período 1965-1980 cuando se informó una tendencia descendente. La población de estimación más reciente para la región de Antofagasta en 2012-2013, según lo derivado por

Cultam, (2013) es una estimación aproximada de 25.400, considerando sólo individuos adultos reproductores.

Las cifras expuestas muestran valores similares respecto a la población mundial y la población de Gaviota Garuma presente en la región de Antofagasta, lo que podría reflejar una población mundial estable o en aumento en los últimos años.

2.4. Horarios de Vuelo

El muestreo nocturno realizado durante la campaña de monitoreo mensual por Mankuk (noviembre 2014-febrero 2015) permitió la realización de escuchas nocturnas durante la temporada de reproducción 2014-2015 a través de la detección de vocalización de las aves, identificando la regularidad en el tránsito de los individuos de Gaviota Garuma sobre el área del Proyecto y la marcada dirección de vuelo y abundancia entre la primera y la segunda mitad de la noche (horarios muestreados en el monitoreo mensual).

Además, el estudio de monitoreo permitió confirmar que a fines de febrero de 2015 hubo un escaso registro de individuos de Gaviota Garuma (menos de 5 aves en tránsito, durante ambos horarios de muestreo), lo cual ratifica la finalización temprana (febrero) de la época reproductiva.

3. Características de las Rutas de Vuelo entre Cerro Plomo y la Costa de Antofagasta

Para la realización de la modelación de riesgo de colisión, se requiere conocimiento sobre el número y distribución de altura de vuelo de las aves que transitan por el área del Proyecto. La información de consulta respecto a la distribución espacial y temporal del desplazamiento de aves entre Cerro Plomo y la costa es escasa, como consecuencia de la lejanía de las zonas de tránsito, es decir, el desierto de Atacama y las dificultades para detectar el tránsito nocturno, característica propia de esta especie.

Para efectos de este estudio, se considera que la incertidumbre sobre la trayectoria de vuelo entre Cerro Plomo y la costa puede incluir tres elementos:

✓ La ventana migratoria, el ancho del corredor de vuelo, dentro del cual se encuentra el sitio del Proyecto;
✓ Distribución de la altura de vuelo de las Gaviotas Garuma cuando transitan por el sitio del Proyecto; y
✓ El número de tránsitos de las Gaviotas Garuma por la ventana migratoria durante la temporada de reproducción.

Cada elemento es considerado en el contexto de lo que se conoce acerca de las líneas de vuelo de la Gaviota Garuma en la región de Antofagasta y la opinión experta basándose en la experiencia de otros desplazamientos de láridos en sitios y condiciones similares; para ofrecer un escenario para cada parámetro que en conjunto mejor abarquen el grado probable de incertidumbre que existe a fin de ejecutar el modelo de riesgo de colisión.

3.1. Ventana Migratoria

Para efectos de cómo se ha usado el modelo Band (2012) en el CRM, se indica que los tránsitos de la Gaviota Garuma entre Cerro Plomo y la costa se consideran análogos a los movimientos migratorios. Al respecto se menciona que la distancia más corta entre Cerro Plomo y la costa es la ciudad de Antofagasta, aproximadamente a unos 100 km de distancia, desde donde las observaciones indican desplazamientos diarios de Gaviota Garuma hacia el interior durante la época reproductiva en los horarios previamente indicados.

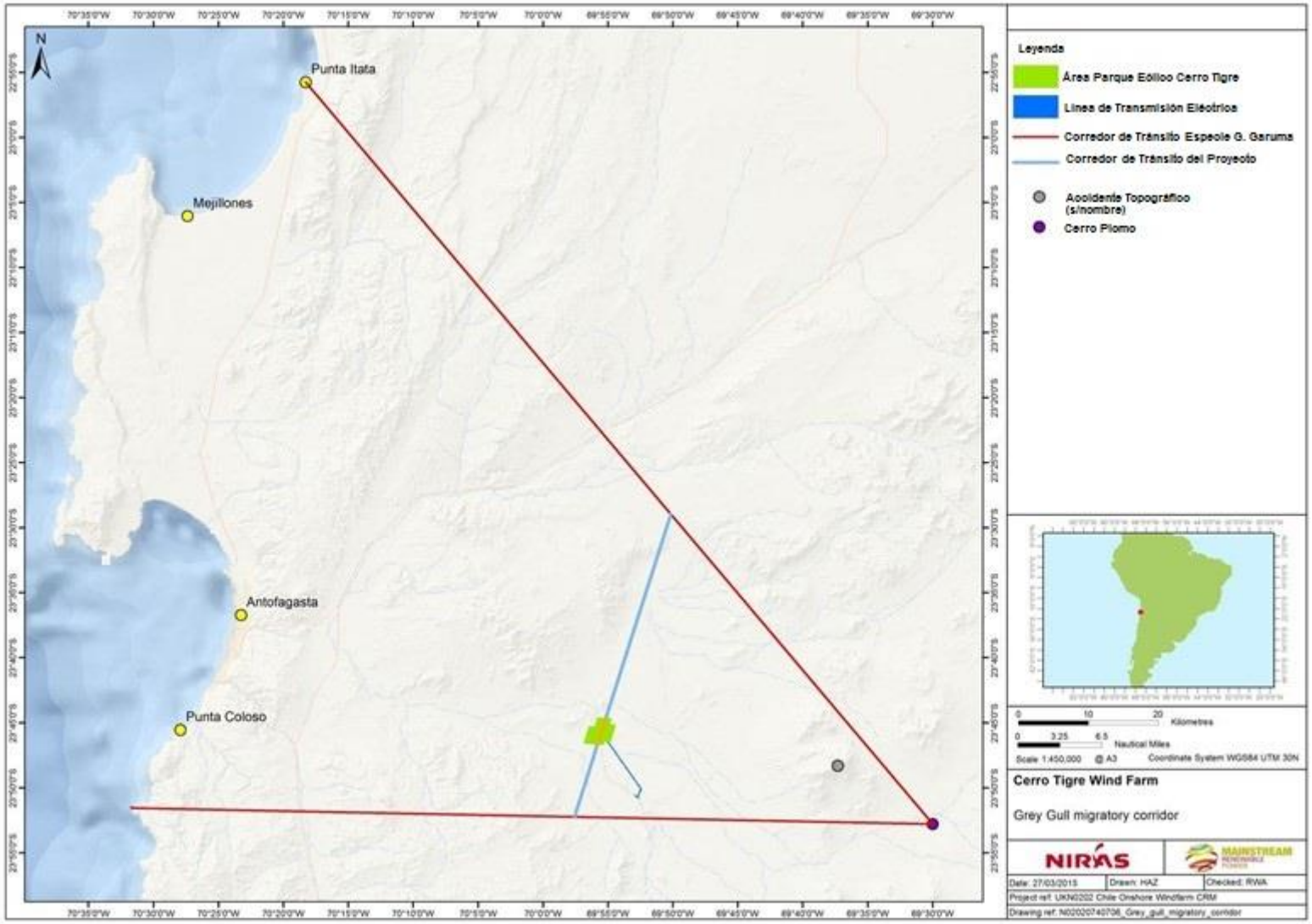
No se tiene conocimiento científico que indique si la ventana migratoria por donde ocurren los desplazamientos de aves entre Antofagasta y Cerro Plomo se extiende hacia el norte

hasta abarcar una segunda igualmente extensa concentración costera de Gaviota Garuma identificada por Cultam (2013) en la costa de Mejillones, a una distancia de aproximadamente 134 km de distancia del sitio de nidificación. En estricto rigor, la ausencia de otro sitio de nidificación (por el estado de abandono en que se encuentran los otros sitios de nidificación identificados oficialmente), permitiría relacionar los sitios de nidificación activos ubicados al interior del continente con la población de Gaviota Garuma identificada en Mejillones, por lo que los corredores migratorios que abarcan el posible desplazamiento entre Antofagasta y la costa de Mejillones han sido considerados para la modelación de riesgo de colisión.

Lo mismo ocurre para el establecimiento del límite sur de las rutas de vuelo, en donde se establece aproximadamente cercano a Punta Coloso (ver Figura 2).

Se destaca que la Gaviota Garuma en la costa de la región de Antofagasta aprovechan al máximo el viento térmico ascendente y vuelan en espiral justo antes del atardecer aproximadamente a una altura de 1000 a 1500 m, altura suficiente para sortear las montañas costeras en ruta a las colonias reproductivas del interior (Fitzpatrick et al. 1992). A partir de una modelación topográfica realizada, se indica que para cualquier ave que transite hacia el noreste desde/hacia el Cerro Plomo, necesitaría subir la altitud de vuelo para volar por las tierras altas en un rango de al menos 200 – 1.100 m.

Figura 2: Corredor de Vuelo de Gaviota Garuma desde Cerro Plomo



Fuente: Elaboración propia

3.2. Distribución de la Altura de Vuelo

Las observaciones de desplazamientos de láridos de características similares a la Gaviota Garuma en el Reino Unido, en particular el desplazamiento entre zonas de forrajeo durante el día y sitios distantes como dormideros nocturnos muestran que gran parte de los individuos se desplazan a alturas por sobre los 200 m de altura. Tales observaciones son particularmente pertinentes para paisajes planos y abiertos como el amplio valle en el que se encuentra el sitio del Proyecto, por lo que podría inferirse que corresponden a observaciones consistentes para la Gaviota Garuma, significando que estarían por sobre la altura de las turbinas propuestas para el sitio del Proyecto.

No existe evidencia conocida que permita esperar que la distribución de la altura de vuelo de los láridos durante la noche difiera de aquellas observadas durante el día. Respecto a ello, se indica que la opinión de expertos acerca del comportamiento durante dichos vuelos en las especies sugiere que, durante sus desplazamientos, es poco probable que las Gaviotas Garuma vuelen bajo la altura del rotor cuando transitan por el área del Proyecto. Adoptando una postura conservadora, el modelo del riesgo de colisión postula el uso de un límite máximo de 5% para la proporción de aves que transiten por el área del Proyecto a la altura del rotor, y una límite inferior del 1%.

Coincidiendo con lo anterior, no existe evidencia que indique que la Gaviota Garuma se comporte de manera disímil al resto de los láridos de características similares, por lo que se considera que los volantones de la Gaviota Garuma siguen a sus padres a la costa en las mismas condiciones de vuelo que mantienen los individuos adultos. Respecto a esto mismo, Cultam (2013) confirma que la Gaviota Garuma tiene un grado de dependencia de los padres más allá de la época de emplumamiento. No se conoce razón fisiológica alguna que sugiera que la altura de vuelo de los volantones al salir de Cerro Plomo acompañados por sus padres hacia la costa se diferencie del vuelo de aves adultas solas. En este sentido, se indica que la posible presencia de volantones con un “comportamiento anómalo” o perdidos en el desierto de la región de Antofagasta se considera aquí como un comportamiento atípico con la probabilidad de que se trataba de polluelos abandonados por sus padres, poco antes de su emplumamiento. La distribución de la altura de vuelo de los volantones, por lo tanto, se trata en el modelo como idéntico al utilizado para aves reproductoras adultas.

3.3. Número de Vuelos por el Corredor de Vuelo

El número de días en los cuales los miembros de una pareja reproductora de Gaviota Garuma transitan entre la colonia de Cerro Plomo y la costa fue calculado para cada etapa de la temporada reproductora y atribuido a un mes (Tabla 1). Esto permite entonces calcular el número de tránsitos de aves que pasan por el corredor de vuelo para cada mes y sumarlos para un año típico.

Se asignó un mes al establecimiento de las aves dentro del sitio de nidificación (Tabla 2) durante el cual se suponen vuelos diarios de retorno para ambas aves a la colonia desde la costa. En ausencia de información de la Gaviota Garuma sobre el tiempo entre la iniciación de establecimiento de territorio y la puesta de huevos, el periodo de un mes se usa como el más representativo de lo publicado para otras especies de gaviotas incluyendo la Gaviota Argéntea (Burger & Shisler 1978), la reidora americana (Leucophaeus atricilla) (Burger & Shisler 1978), una especie de tamaño y estructura comparable a la Gaviota Garuma. De esta forma, un mes de desplazamientos diarios es considerado cauteloso dada la frecuencia de vuelos, considerando a su vez que se trata de un escenario promedio, por lo que podría no ser necesariamente todos los días para uno o dos parejas de aves, además, se menciona que la suposición que se utiliza permite un periodo de tiempo más largo de asistencia a la colonia.

Cómo se distribuyan los 30 días de desplazamientos de ambas aves entre el sitio de nidificación y la costa durante el establecimiento de los individuos en Cerro Plomo, a través de meses no implica diferencia para el riesgo de colisión anual estimado. Esto se aplica igualmente a la distribución de los tránsitos en meses para cada una de las otras etapas de la temporada reproductiva.

Durante la incubación (29 días; Aguiler et al. 1998) y hasta que los polluelos tienen 7 días de edad, los padres se alternan para cumplir las tareas de forrajeo y nidificación; un adulto busca alimentos en la costa durante el día, desplazándose desde y hacia la colonia (Howell 1982, Guerra et al. 1998a). Esto equivale a 36 tránsitos para un ave adulto de un par reproductivo en ambas direcciones durante la incubación y los primeros siete días de incubación. Para efectos del modelo de riesgo de colisión, el periodo de emplumamiento se ha tomado como 60 días; el valor que representa la superposición de individuos declarados por Cultam (2013) y según lo determinado por Guerra et al. (1988a). De esta forma, ambos adultos abastecen a la nidada a los ocho días de eclosión. En el primer vuelo, los

volantones son acompañados por sus padres en un simple tránsito a la costa, siguiendo las condiciones de vuelo de los individuos adultos.

De acuerdo a lo anterior, se establece el número de vuelos de la población de Gaviota Garuma a lo largo del corredor de vuelo para la época reproductiva en 5.148.550 de vuelos, cuando el tamaño de la colonia del Cerro Plomo es 12.650 pares (Tabla 2).

Tabla 1: Distribución de las Etapas del Ciclo Reproductivo en Días

Actividad	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Establecimiento de Territorio	15	15			
Incubación		15	14		
Anidamiento			7		
Alimentación			10	31	12
Primer vuelo (polluelo + adultos)					1

Tabla 2: Número de Vuelos de Gaviota Garuma entre Costa y Cerro Plomo

Actividad	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Establecimiento de Territorio	759.000	759.000			
Incubación		379.500	354.200		
Anidamiento			177.100		
Alimentación			506.000	1.568.600	607.200
Primer vuelo (polluelo + adultos)					37.950
Número total de tránsitos	759.000	1.138.500	1.037.300	1.568.600	645.150

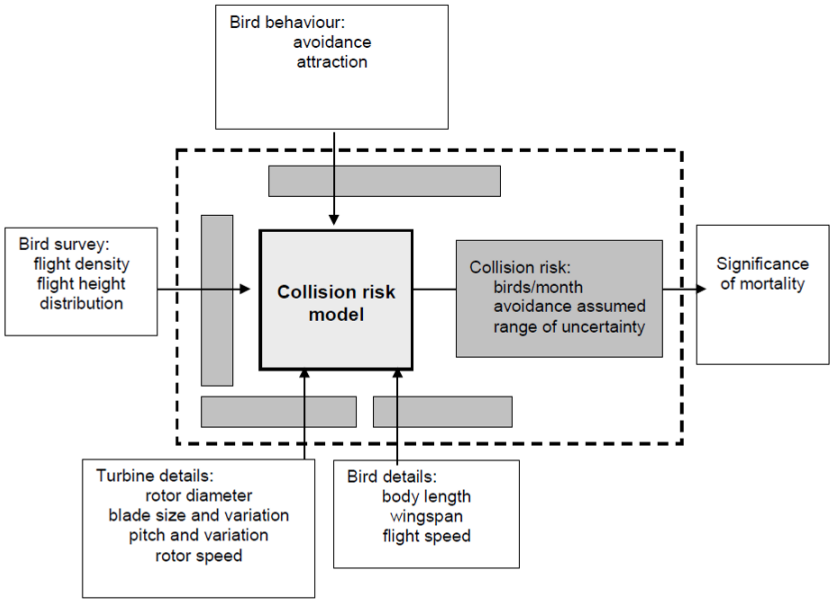
3.4. Limitaciones del Corredor de Vuelo

Se indica que el corredor de vuelo planteado para este estudio no presenta limitaciones para el tránsito de la Gaviota Garuma.

4. Métodos: Modelado de Riesgo de Colisión

La Figura 3 proporciona un resumen de la información requerida para el CRM y los resultados clave de este proceso.

Figura 3 Información Requerida para el Proceso de Modelación



El proceso CRM puede describirse en cinco etapas, como se establece en Band (2012). Estas etapas se muestran en Tabla 3.

Tabla 3: Etapas Utilizadas para Calcular las Estimaciones del Riesgo de Colisión

Etapa	Descripción
Etapa A	La recopilación de datos relativos al número de vuelos que están potencialmente en riesgo frente a las turbinas del parque eólico.
Etapa B	Estimación del potencial número de tránsitos de aves a través de los rotores del parque eólico utilizando los datos de actividad de vuelo recogidos para la Etapa A.
Etapa C	Calcular la probabilidad de colisión durante un único tránsito de aves por el rotor.
Etapa D	Multiplicar las probabilidades calculadas en la Etapa C para producir la potencial tasa de mortalidad por colisión para las especies de aves en cuestión, teniendo en cuenta la proporción de tiempo en el cual las turbinas no están operativas, usando los datos recogidos durante la Etapa A.
Etapa E	Tener en cuenta la proporción de aves que probablemente eviten o se sientan atraídas al parque eólico o debido al comportamiento de desplazamiento, evasión o atracción.

Para los propósitos de esta modelación, donde un número especificado de aves transitan el Proyecto directamente entre el sitio de nidificación y la costa dos veces al día, el uso de la hoja de cálculo 'Riesgo de colisión de migrantes' de la herramienta CRM se considera la

más adecuada. Además, se presentan los datos a utilizar y najo qué lógica han sido obtenidos.

4.1. Datos de las Aves

Para la modelación, se requiere información sobre la biometría y el comportamiento de las especies. Los datos pertinentes utilizados para la Gaviota Garuma se muestran en la Tabla 4. Los datos biométricos (longitud y envergadura del ave) fueron obtenidos de Malling Olsen & Larsson (2003) y Elphick (2007). En ausencia de información sobre el comportamiento de la Gaviota Garuma en cuanto a velocidad de vuelo, se obtuvo información de una especie de gaviota sustituta de similares dimensiones, la gaviota Reidora Americana, Leucophaeus atricilla, de Tucker & Schmidt-Koenig (1971).

Respecto al factor de actividad nocturna, se indica que no requiere ningún dato de entrada para efectos del cálculo realizado. Por otro lado, el tipo de vuelo de la Gaviota Garuma es generalmente una mezcla de 'aleteo' con 'deslizamiento' sin embargo, se ha utilizado 'aleteo' para efectos de la modelación, pues proporciona una estimación ligeramente más conservadora para el riesgo de colisión.

Tabla 4: Datos Utilizados en el Modelo Respecto a Características de la Gaviota Garuma

Datos de las aves	Valor	Referencia
Longitud del ave (m)	0.45	Malling Olsen & Larsson (2003)
Envergadura (m)	1.01	Elphick (2007)
Velocidad de vuelo (m/s)	12.6	Tucker & Schmidt-Koenig (1971)
Actividad nocturna (1-5)	No aplica.	
Tipo de vuelo	'Aleteo'	N/A

4.2. Información para Estudio de Aves Específica al Proyecto

Considerando el modelo realizado, se indica que no es necesario introducir información en esta sección de la hoja de cálculo.

4.3. Datos de Vuelos Realizados al Sitio de Nidificación

El número de tránsitos de aves que vuelan entre Cerro Plomo y la costa fueron calculados para cada etapa de la temporada reproductiva y atribuidos al mes como se describe en la Tabla 2. Éstos son datos mensuales sobre el número de tránsitos en la ventana migratoria introducida para los "Pasajes de migración".

4.4. Proporción de Aves en Potencial Altura de Colisión

En ausencia de datos específicos al Proyecto disponibles para estimar la proporción de aves en potencial altura de colisión (PCH), se usa y presenta un rango de valores para este parámetro (5% y 1%). Esta gama de valores PCH se basa en conocimiento ornitológico experto sobre los láridos y sus líneas de vuelo hacia y desde lugares de forrajeo y a colonias de anidamiento/crianza y la topografía entre Cerro Plomo y la costa de Antofagasta.

4.5. Proporción de Aves con Vuelos Contra el Viento

La proporción de vuelos contra el viento se fijó en 0%. Esto se usa en la hoja de cálculo 'Riesgo de colisión de único tránsito' dentro de la herramienta de CRM para calcular el riesgo de colisión para un único tránsito por el rotor.

4.6. Datos del Parque Eólico

Un parámetro clave para la evaluación del riesgo de colisión para las aves se relaciona con el número de turbinas. El escenario de peor caso para el riesgo de colisión en esta evaluación considera como el escenario que comprende turbinas tipo 80 x 3.3 MW Vestas V126, que corresponde a lo declarado por el titular en el proceso de evaluación ambiental.

El dato final en esta sección se refiere al ancho del sitio del parque. En el caso del Parque Eólico Cerro Tigre, este alcanza los 3,8km perpendiculares a la línea de vuelo de las Gaviotas Garuma.

4.7. Datos de turbina

Para la realización de la modelación es necesario contar con mayor detalle acerca de las turbinas que se usarán en el parque eólico a fin de calcular el riesgo de colisión general. Los datos relevantes para esta sección para el Parque Eólico terrestre Cerro Tigre aparecen en Tabla 5. Estos datos representan el caso de peor escenario para la evaluación de riesgo de

colisión, dado que este es el escenario con la mayor área de barrido del rotor y por ende con el mayor riesgo de colisión potencial.

Tabla 5: Parámetros de Turbinas a Utilizar por el Proyecto Parque Eólico Cerro Tigre

Parámetros Parque Eólico	
Latitud	-23,76
Número de turbinas	80
Ancho de parque eólico (km)	3,8
Parámetros de Turbina	
No. de aspas	3
Velocidad rotación (rpm)	16,5
Radio de rotor (m)	63
Altura de buje (m)	137
Ancho max. de aspa (m)	4
Inclinación (°)	15

Los datos relacionados con la proporción mensual de tiempo durante el cual el Proyecto se mantendrá operando también se utilizan en esta sección. Existen ciertas ocasiones, tales como los periodos de baja velocidad eólica o actividades de mantención, cuando las turbinas no están rotando. Esto varía a lo largo del año y, de por sí, la proporción de tiempo operacional se usa en la modelación. De acuerdo a lo datos entregados por el titular, en Tabla 6 se muestra detalles del tiempo operación.

Tabla 6: Tiempo Operacional Mensual de las Turbinas

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Proporción mensual de tiempo operacional (%)	60	57	58	56	53	51	52	54	59	58	60	62

4.8. Otros Aspectos Considerados en la Modelación

- *Corrección para Conjunto Grande*

  Este factor considera el hecho de que un menor número de aves sobrevive al paso a través de las filas iniciales de turbinas, lo que reduce la probabilidad de colisión en las filas posteriores. Este factor de corrección considera el ancho del parque eólico y el posible número de filas de turbinas dentro del sitio. En el caso de las Gaviotas Garuma en el sitio del Proyecto, el factor de corrección de conjunto grande no resulta en un cambio significativo del riesgo de colisión general.

- *Evasión y atracción*

  No existe una guía respecto de la tasa de evasión que se usará en el modelo para la Gaviota Garuma, pero la guía publicada por Marine Scotland (Cook et al. 2014) indica que para una especie sustituta de gaviota de dimensiones similares, la Gaviota Cana (*Larus canus*), se debería usar una tasa de evasión del 99,2%. En consecuencia, esta tasa de evasión del 99,2% se usa en la hipótesis para la evaluación.

  No existe evidencia que sugiera que las Gaviota Garuma se sentirán atraídas al sitio del Proyecto, en caso de que se construya el Parque Eólico Cerro Tigre. Por ende, no existen factores adicionales requeridos para el CRM en relación con este comportamiento.

- *Distribución de altura de vuelo*

  El modelo de Riesgo de Colisión contiene un número de hojas de cálculo no editables que se usan para calcular los datos usados para rellenar la hoja de datos 'Riesgo de Colisión Migrante'. La hoja de cálculo 'Riesgo de Colisión Migrante' contiene tres opciones que calculan las tasas de colisión basándose en diferentes métodos para calcular el número de vuelos en riesgo.

- ✓ Opción 1: Usa una PCH calculada a partir de datos específicos del sitio asume que los vuelos se distribuyen en forma pareja entre todas las alturas de rotor (modelo básico);
- ✓ Opción 2: Igual que arriba (modelo básico), pero usa una PCH calculada usando datos de distribución de altura de vuelo genéricos; y
- ✓ Opción 3: Usa datos genéricos de distribución de altura de vuelo para calcular el riesgo de colisión en cada parte del rotor y sumando el riesgo (modelo extendido).

No existe información cuantitativa respecto de la distribución de altura de vuelo de la Gaviota Garuma, tanto para el sitio del Proyecto como a nivel genérico. En consecuencia,

para esta evaluación se usan los valores del 5% y el 1% de individuos que vuelan a la altura del rotor, lo que se consideran dentro de la hipótesis para la cual se efectúa la evaluación.

- *Mortalidad de Fondo*

La mortalidad de fondo existente es aquella que típicamente se experimenta, o se espera, dentro de una población. A partir del modelo, el efecto adicional a la mortalidad de fondo se presenta mediante el cálculo del cambio en dicho tipo de mortalidad.

5. Métodos: Mortalidad Biológica Potencial

Tras la estimación de la tasa de colisión pronosticada para la Gaviota Garuma, se puede usar el análisis de Mortalidad Biológica Potencial (Potential Biological Removal, o PBR) para determinar un nivel sustentable de mortalidad para la población de la especie en la colonia cercana de Cerro Plomo.

La PBR provee un modo para estimar el número de mortalidades adicionales que puede sostener una población dada. Wade (1998) y otros han definido una fórmula simple para la PBR:

$$PBR = \frac{1}{2} r_{max} N_{min} f$$

Donde:
r_{max} es la tasa máxima de reclutamiento anual
N_{min} es una estimación conservadora del tamaño de la población
f es un "factor de recuperación" aplicado a las poblaciones mermadas donde el objetivo de gerencia puede ser facilitar el crecimiento hasta alcanzar un tamaño de población determinado

Wade (1998) mostró que la PBR se puede usar para identificar tasas de renovación sustentables, es decir, aquellas en que las poblaciones se mantendrían en, o por sobre, un nivel de productividad neto máximo (Maximum Net Productivity Level, o MNPL) o rendimiento sostenido máximo. Basado en un modelo logístico generalizado del crecimiento de la población y asumiendo que la dependencia de la densidad en el crecimiento de la población es lineal (θ = 1,0), entonces el MNPL es equivalente a 0,5K (donde K es la capacidad nocional de carga) y la tasa de reclutamiento neto en MNPL (RMNPL) es de 0,5 rmax.

Wade (1998) también mostró que la PBR es conservadora para las poblaciones con θ > 1,0 (es decir, una curva de crecimiento convexa dependiente de la densidad) donde RMNPL será de > 0,5 rmax (consultar Figura 1 en Wade 1998).

5.1. Estimación de r_{max}

La tasa de reclutamiento máximo anual (rmax) es equivalente a λmax – 1, por ende:

$$r_{max} = \lambda_{max} - 1$$

Donde:

λ_{max} es la tasa discreta máxima de crecimiento de población.

Niel & Lebreton (2005) muestran dos métodos para calcular λmax:

Una solución cuadrática (ecuación 15 de Niel & Lebreton 2005) que también usa Watts (2010):

$$\lambda max \approx \frac{(s\alpha - s + \alpha + 1) + \sqrt{(s - s\alpha - \alpha - 1)^2 - 4s\alpha^2}}{2a}$$

Y una relación basada en longitud de generación óptima media (ecuación 17 de Niel & Lebreton 2005):

$$\lambda_{max} = exp\left[\left(\alpha + \frac{s}{\lambda_{max} - s}\right)^{-1}\right]$$

Donde:
s es la sobrevivencia anual de adultos
α es la edad del primer apareamiento

Niel & Lebreton (2005) sugieren que el segundo método es más apropiado para especies con ciclos de vida corto. Una comparación de los resultados de ambos métodos indicó que el primero generó PBRs ligeramente más preventivos para las especies de vidas relativamente largas consideradas en este informe. En consecuencia, λmax ha sido estimado usando el primer método para todas las especies mencionadas a continuación.

Ante la ausencia de información demográfica acerca de Gaviota Garuma disponible para una especie de gaviota sustituta de dimensiones similares (la Gaviota Reidora Americana), ésta se obtuvo de la literatura. Los estudios de Bird Group (1993), indican un rango de sobrevivencia promedio anual de adultos de la Gaviota Reidora Americana de un 80-95%. La tasa anual de sobrevivencia de adultos más preventiva del 95% se usa para el actual análisis de PBR. La edad del primer apareamiento de la Gaviota Reidora Americana se ha informado en 3-4 años (Schreiber & Burger 2001). Se usan lo cuatro años como la primera edad de apareamiento de la Gaviota Garuma en el actual análisis de PBR.

5.2. Estimación de N_{min}

Nmin es una estimación conservadora del tamaño de la población. La estimación de la población más reciente para la colonia de Cerro Plomo, de 25.300 aves apareadas en la

temporada de apareamiento 2012 - 2013 (Cultam 2013), se usa en esta evaluación para Nmin para el cálculo de PBR.

5.3. Selección de *f*

El factor de recuperación f es un valor arbitrario fijado entre 0,1 y 1,0 y su propósito es hacer más conservador el cálculo de PBR o identificar un valor para PBR destinado a alcanzar un resultado específico para la conservación de la naturaleza (por ejemplo, recuperación de la población).

Dillingham & Fletcher (2008) vinculan el valor de f al estatus de conservación y (siguiendo el criterio del estatus IUCN) sugiere que f = 0,1 se adopte para las especies 'amenazadas'; f = 0,3 para especies 'casi amenazadas' y f = 0,5 para especies que generan la 'menor preocupación'. También indican que un valor de f = 1.0 podría ser adecuado para las especies que generan la 'menor preocupación' y que se sabe que van en aumento o mantienen un número estable.

Se podría usar un esquema similar para las poblaciones individuales y su estatus en relación con los objetivos de conservación específicos.

5.4. Sensibilidad de Estimación de PBR

Dillingham y Fletcher (2008) discuten la sensibilidad de la estimación de PBR en relación con la variabilidad en las tasas de sobrevivencia y la edad del primer apareamiento. Se da el caso de que por lo general, las estimaciones de sobrevivencia se derivan de condiciones no óptimas o que las estimaciones no han sido ajustadas a la posible emigración desde el área de estudio. Cuando esto ocurre, la consideración del efecto de los cambios en las diferentes estimaciones de sobrevivencia sobre la PBR por parte de Dillingham y Fletcher (2008) ha llevado a la recomendación que se deben usar estimaciones de sobrevivencia conservadoras (es decir, altas) a fin de evitar una sobre estimación de λmax y PBR. De tal modo, no se considera inapropiado usar la estimación de sobrevivencia de un 95% según la publicara el Bird Group (1993) para la especie sustituta, la Gaviota Reidora Americana, en su análisis actual.

En el caso de las aves marinas con fecundidad retrasada y altos niveles de sobrevivencia, Dillingham y Fletcher (2008) indicaron que los cambios en α llevan solo a modificaciones pequeñas en λmax. La fecundidad y el éxito de apareamiento en edades específicas de las

aves marinas aumentan en los dos o tres años iniciales de apareamiento. Los valores de punto medio para α por lo general resultan apropiados, mientras que los valores altos llevan a estimaciones conservadoras de λmax y PBR (Dillingham y Fletcher, 2008). El actual análisis usa la edad típica del primer apareamiento (α) para la especia sustituta, la Gaviota Reidora Americana, según lo publicaran Schreiber & Burger (2001).

6. Resultados

6.1. Escenarios de Corredor de Vuelo y Tránsito de Gaviota Garuma sobre el Sitio del Proyecto

La Tabla 7 describe el corredor de vuelo, sus limitaciones sobre el ancho del corredor y el número calculado de individuos de Gaviota Garuma que transitan sobre el sitio del Proyecto anualmente. El escenario recomendado es aquél que es llevado adelante en la hipótesis a ser evaluada, debido a que se asemeja más a aquellos observados por expertos en relación a otros láridos en su tránsito entre áreas de forrajeo y otras distantes, tales como dormideros nocturnos.

Tabla 7: Corredor de Vuelo y Número de Aves que Transitan por el Sitio del Proyecto

Escenario	Corredor Migratorio	Limitaciones en corredor migratorio	Ancho de Corredor Migratorio en Parque Eólico	No. de recorridos de Gaviotas Garuma sobre Sitio del Proyecto
'Recomendado'	Cerro Plomo a costa Antofagasta - Punta Itata	Ninguna	45 km	434.766

6.2. Riesgo de Colisión para el Área del Proyecto

➢ *Modelación de Riesgo de Colisión*

Los resultados del CRM para el escenario planteado son:

En Tabla 8 se presenta la estimación de la Mortalidad anual pronosticada por colisiones (individuos por año) para la población de Gaviota Garuma que transita por sobre el área del Proyecto con un rango de tasas de evasión y potenciales alturas de colisión según lo indicado en la Tabla ya mencionada.

Tabla 8: Estimación de Mortalidad de Individuos de Gaviota Garuma

	Proporción de aves a altura del rotor	
Tasa de Evasión (%)	5%	1%
99,2%	14	3

➢ *Mortalidad de fondo*

La Tabla 9 y la Tabla 10 muestran la mortalidad por colisión anual proyectada de colisiones (individuos por año) y los cambios en la mortalidad de fondo para las Gaviotas Garuma en un rango de tasas de evasión para cuando el 1% y el 5% de las aves transitan por el sitio del Proyecto a una altura de colisión potencial para cada uno de los tres escenarios de corredor de vuelo.

En el caso del escenario planteado, el riesgo de colisión para la población de Gaviota Garuma que nidifica en Cerro Plomo, aumentaría la mortalidad de fondo de esta población en un 0,22% al usar una tasa de evasión del 99,2%, con un valor de PCH del 1%, mientras que con un valor de PCH del 5% y todos los otros parámetros sin cambios, la mortalidad de fondo de esta población aumentaría en un 1,08%.

Tabla 9: Mortalidad Anual Pronosticada por Colisiones y Cambios en la Mortalidad de Fondo para la Gaviotas Garuma (PCH 1%)

	N°. de colisiones con 1% de aves en tránsito a PCH	Cambio en mortalidad de fondo (población afectada) (%)
Tasa de Evasión (%)	Escenario recomendado	Escenario recomendado
99,2%	3	0,22

Tabla 10: Mortalidad Anual Pronosticada por Colisiones y Cambios en la Mortalidad de Fondo para la Gaviotas Garuma (PCH 5%)

	N°. de colisiones con 5% de aves en tránsito a PCH	Cambio en mortalidad de fondo (población afectada) (%)
Tasa de Evasión (%)	Escenario recomendado	Escenario recomendado
99,2%	14	1,08

6.3. Mortalidad Biológica Potencial

La Tabla 11 presenta los resultados de PBR para la población de las Gaviotas Garuma en la colonia de Cerro Plomo que se proyecta interactuará en términos de colisiones, con el Proyecto, para un rango de factores de recuperación. Se destaca el factor de recuperación de 0,4 con su valor resultante, 479 aves, considerado como apropiado para la Gaviota Garuma, basándose en tendencias recientes de la población.

Tabla 11: Valores de PBR para poblaciones de Gaviota Garuma según su Interacción con el Proyecto

Población de Referencia	Edad de primer apareamiento (α)[2]	Sobrevivencia anual adultos (s)[3]	Tasa de crecimiento (λ_{max})	N_{min}	f_r	PBR	PBR redondeada al lugar decimal más cercano
Cerro Plomo (Cultam 2013)	4	0,95	1,095	25.300	**0,4**	**478,75**	**479**

7. Evaluación de Riesgo de Colisión de la Gaviota Garuma en Cerro Tigre

7.1. Escenario Recomendado, Tasa de Evasión y PCH

Ante la falta de una guía respecto de la tasa de evasión que se usará en el CRM para la Gaviota Garuma, se sugiere un 99,2% como la tasa determinada para el uso de una especie de gaviota sustituta comparable, la Gaviota Cana (Larus canus) (Cook et al. 2014). Basándose en las observaciones del comportamiento de vuelo de los láridos al trasladarse entre sitios distantes, se considera que la Gaviota Garuma no volaría por debajo de la altura del rotor al pasar por el área del Proyecto. Dicho de otro modo, no ocurrirían colisiones por las características de vuelo de la especie; no obstante lo anterior se ha decidido adoptar un enfoque preventivo, basado en la consideración de un límite superior del 5% para la proporción de aves que circulan por el sitio del Proyecto a la altura de los rotores.

[2] Tomado de Schreiber & Burger (2001) usando una especie sustituta, la Gaviota Reidora Americana

[3] Tomado de Bird Group (1993) usando especie sustituta, la Gaviota Reidora Americana

7.2. Tasas de Mortalidad Derivadas de Colisiones en Términos de PBR

La Tabla 12 se presenta la cantidad de individuos de Gaviota Garuma que se anticipa interactuarán con el Proyecto. Las tasas de mortalidad pronosticadas a partir de las colisiones que se pueden asignar a la colonia de Cerro Plomo, como proporción de la PBR correspondiente. Para ello, se seleccionó un factor de recuperación apropiado para el estatus de la especie, siempre que la mortalidad pronosticada no exceda el 100% de la PBR correspondiente, se proyecta una tasa de reproductividad sostenible que mantendría la población en, o por sobre, el nivel de productividad neto máximo.

Los datos de la población y el riesgo de colisión utilizadas en el presente análisis ha sido originada a partir de pasos completados anteriormente en el proceso, donde se explican los fundamentos detrás de su uso y cálculo. Se ha tomado un enfoque preventivo tanto con el CRM como con el cálculo de la PBR, y como tal, los pasos analíticos y variables considerados en forma aditiva proveen una evaluación exageradamente preventiva del riesgo de colisión en términos de PBR.

Tabla 12: Mortalidad Anual Proyectada por Colisión y Cambios en la Mortalidad de Fondo

Población Componente	No. de colisiones a tasa de evasión (%) y PCH específicas			Efecto sobre la población (%)		
	Tasa de evasión	PCH	No. de colisiones	Cambio en mortalidad de fondo (población afectada)[4]	*F*	% de PBR[5]
Colonia Cerro Plomo	99,2%	1%	3	0,22	0,4	0,6%
	99,2%	5%	14	1,08	0,4	2,9%

La Tabla 13 presenta una matriz con el nivel proyectado de mortalidad anual por colisiones en Cerro Tigre para una tasa de evasión del 99,2% con respecto de la población de la colonia de Cerro Plomo para un rango de valores de PCH y anchos de corredores de vuelo que se relacionan directamente con el número de recorridos sobre el Proyecto. El número de Gaviota Garuma en riesgo de colisión no sobrepasa un umbral de alza de un 1% en la mortalidad de fondo al nivel de PCH de recomendación del 1% y del escenario de Recomendación, es decir, un ancho de corredor migratorio de 45 km.

[4] [(No. de colisiones /mortalidad anual) / población de población afectada] x 100, donde la mortalidad anual = 1 – supervivencia de adulto anual (*s*)

[5] No. of mortalidades/PBR x 100

Tabla 13: Mortalidad Anual por Colisión Proyectada de Gaviota Garuma en el Área del Proyecto

Ancho de corredor migratorio (km)	Número de recorridos sobre Proyecto	Altura Potencial de Colisión	
		5%	1%
45	434.766	14	3

7.3. Líneas de Alta Tensión

La extensión de la Línea de Transmisión Eléctrica de tipo aérea que conecta el Parque Eólico con la Subestación Seccionadora se encuentra a una altura de 33 m. Esta altura es considerablemente más baja que la propuesta como la altura de las turbinas en el sitio del Proyecto. No se espera que la línea de transmisión aérea estática se ubique dentro de la distribución de altura de vuelo de las Gaviotas Garuma al recorrer el sitio del Proyecto en sus traslados entre la colonia de Cerro Plomo y la costa, como se discutiera previamente para los rotores de las turbinas más altas. Por ende, es altamente improbable que la Línea de Transmisión Eléctrica resulte directamente en colisión/electrocución de la Gaviota Garuma.

8. Conclusiones de Evaluación

En conclusión, de acuerdo con el escenario recomendado planteado y detallado anteriormente y de acuerdo a lo consultado en el ICSARA del Proyecto, se indica que no se espera un efecto significativo sobre la población de la Gaviota Garuma como resultado de colisiones con los rotores de las turbinas que operan en el Parque Eólico Cerro Tigre. Por otro lado, se indica que se considera altamente improbable que la instalación de Líneas de Transmisión resulte directamente en colisiones/electrocución de Gaviotas Garuma.

Lo anterior, justificado en los cálculos realizados, que estiman en 14 colisiones/año la interacción del Proyecto con la Gaviota Garuma en el más desfavorable de los escenarios. Este número se considera como poco significativo al encontrarse distante de los 479 individuos estimados para la “Mortalidad Biológica Potencial”, número de individuos que de ser alcanzado afectaría a la población de la especie que nidifica en Cerro Plomo. De acuerdo con esto, se destaca que el Proyecto no tendrá una incidencia significativa sobre la especie.

9. Referencias

- ✓ Aguilar, R.E., Guerra, C.G., Fitzpatrick, L.C. and Luna, G.S. 1998. Thermal biology of Gray Gull (Larus modestus) in embryos and hatchlings correlates of nesting in the Atacama Desert. Estudios Oceanológicos 17:7-12
- ✓ AvesChile 2015. Garumas anidando en la Costa. (http://aveschile.cl/?p=2469, revisado 26/03/2015)
- ✓ Band, B. 2012. Using a collision risk model to assess bird collision risks for offshore wind farms – with extended method. Report to Strategic Ornithological Support Services.
- ✓ Bird Group 1993. Island-nesting seabird assessment. Endangered and Threatened Species Group, Maine Department of Inland Fisheries and Wildlife, USA.
- ✓ Burger, J. and Shisler, J. 1978. Nest-site selection and competitive interactions of Herring and Laughing Gulls in New Jersey, The Auk 95, 252-266.
- ✓ BWPi. 2009. Birds of the Western Palearctic interactive. Oxford University Press
- ✓ Cook, A.S.C.P., Ross-Smith, V.H., Roos, S., Burton, N.H.K., Beale, N., Coleman, C., Daniel, H., Fitzpatrick, S., Rankin, E., Norman, K. and Martin, G. 2009. Identifying a Range of Options to Prevent or Reduce Avian Collision with Offshore Wind Farms using a UK-Based Case Study. Report of work carried out by The British Trust for Ornithology, AEA Group, the Met Office and the University of Birmingham Centre for Ornithology under contract to Defra. BTO Research Report No. 580. Thetford, Norfolk.
- ✓ Cook, A.S.C.P., Humphreys, E.M., Masden, E.A. and Burton, N.H.K. 2014 The avoidance rates of collision between birds and offshore turbines. Report of work carried out by the British Trust for Ornithology in collaboration with the Environmental Research Institute on behalf of the Marine Scotland Science. BTO Research Report No. 656. Thetford, Norfolk.
- ✓ Cultam 2013. La nidificación de la Gaviota Garuma y su vulnerabilidad a las actividades antrópicas en el Desierto de Atacama. Cultam.
- ✓ del Hoyo, J., Elliott, A. & Sargatal, J. 1996. Handbook of the Birds of the World. Vol. 3: Hoatzin to Auks. Lynx Edicions, Barcelona.
- ✓ Dillingham, P.W. and Fletcher, D. 2008. Estimating the ability of birds to sustain additional human-caused mortalities using a simple decision rule and allometric relation-ships. Biological Conservation 141, 1783-1792.
- ✓ Fitzpatrick, L.C., Guerra, C.G. and Cikutovic, M. 1992 Reproductive Energetics and physiology of the desert – nesting Gray Gull Larus modestus. W. Hamlett (Ed) Springer-Verlag, New York, Inc.
- ✓ Goodall, J.D., Philipi, R.A. and Johnson A.W. 1945. Nesting habits of the Peruvian Gary Gull. The Auk 62, 450-451.
- ✓ Guerra, C.G, Fitzpatrick, L.C. and Aguilar Pulido, R.E. 1988a. Influence of desert nesting and foraging distance on growth rate in Gray Gull (Larus modestus). The Auk 105:779 783
- ✓ Guerra, C.G, Fitzpatrick L.C., Aguilar Pulido, R.E. and Venables, B.J.. 1988b. Reproductive consequences of El Niño Southern Oscillation (ENSO) in Gray Gull Larus modestus in Northern Chile. Colonial Waterbirds 11, 170-175.
- ✓ Howell, T.R. 1982. Desert-nesting Sea Gulls. Natural History 91(8), 52 - 59
- ✓ Mainstream Renewable Power 2014. Informe de estadísticos de velocidad y dirección de viento. Torre de medición CH015_01 – Proyecto Cerro Tigre. 22 de diciembre, 2014
- ✓ Malling Olsen, K. and Larsson, H. 2003. Gulls of Europe, Asia and North America. Christopher Helm, London.

- ✓ Elphick, J. (ed.) 2007. The Atlas of Bird Migration: Tracing the Great Journeys of the World's Birds. Struik.
- ✓ Niel, C. and Lebreton, J-D. 2005. Using Demographic Invariants to Detect Overharvested Bird Populations from Incomplete Data. Conservation Biology 19, 826-835.
- ✓ Tucker, V.A. and Schmidt-Koenig, K. 1971. Flight speeds of birds in relation to energetics and wind directions. The Auk 88, 97 – 107.
- ✓ Wade, P.R. 1998. Calculating Limits to the Allowable Human-Caused Mortality of Cetaceans and Pinnipeds. Marine Mammal Science 14, 1-37.
- ✓ Watts, B. D. 2010. Wind and waterbirds: establishing sustainable mortality limits within the Atlantic Flyway. Center for Conservation Biology Technical Report Series, CCBTR-10-05. College of William and Mary / Virginia Commonwealth University, Williamsburg, VA. 43pp.
- ✓ Wetlands International, 2015 Waterbird Population Estimates. (http://wpe.wetlands.org/, revisado el 26/03/2015)
- ✓ Zavalaga, C.B., Plenge, M.A. and Bertolero, A. 2008 The Breeding Biology of the Peruvian Tern (Sternula lorata) in Peru. Waterbirds 31, 550-560.

Apéndices

Apéndice 1: Ejemplo de hoja de cálculo dentro de la herramienta CRM Band (2012)

COLLISION RISK ASSESSMENT			used in overall collision risk sheet	used in available hours sheet
Sheet 1 – Input data			used in migrant collision risk sheet	used in large array correction sheet
			used in single transit collision risk sheet or extended model	not used in calculation but stated for reference

	Units	Value
Bird data		
Species name		Grey Gull
Bird length	m	0.45
Wingspan	m	1.01
Flight speed	m/sec	12.6
Nocturnal activity factor (1-5)		1
Flight type, flapping or gliding		flapping

Bird survey data		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Daytime bird density	birds/sq km												
Proportion at rotor height	%												
Proportion of flights upwind	%												

Birds on migration data			Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Migration passages	birds		2E+06	645150								759000	1E+06	1E+06
Width of migration corridor	km	45												
Proportion at rotor height	%	1%												
Proportion of flights upwind	%	0.0%												

	Units	Value
Windfarm data		
Name of windfarm site		Cerro Tigre
Latitude	degrees	-23.76
Number of turbines		80
Width of windfarm	km	3.8
Tidal offset	m	

	Units	Value	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Turbine data														
Turbine model		3.3MW												
No of blades		3												
Rotation speed	rpm	16.5												
Rotor radius	m	63												
Hub height	m	137												
Monthly proportion of time operationa	%		60%	57%	58%	56%	53%	51%	52%	54%	59%	58%	60%	62%
Max blade width	m	4.000												
Pitch	degrees	15												

Avoidance rates used in presenting result	95.00%	**Data sources (if applicable)**
	98.00%	
	99.20%	
	99.50%	

Datos según se usaron en la hoja de cálculo '*Datos de Entrada' dentro de la herramienta* CRM Band (2012)

COLLISION RISK ASSESSMENT

Sheet 3 - probability of collision for single bird transit through rotor

All input data must be entered on Sheet 1, not here
However the blade profile (orange) may be revised here to match the actual turbine blades used
Calculated outputs
Main output copied to sheet 1

Calculation of alpha and p(collision) as a function of radius

						Upwind:			Downwind:	
NoBlades	3					collide			collide	
MaxChord	4.00	m	r/R	c/C	α	length	p(collision)		length	p(collision)
Pitch (degrees)	15		radius	chord	alpha					
Species name	Grey Gull		0.00				1.000			1.000
BirdLength	0.45	m	0.05	0.73	2.31	9.62	0.630		8.11	0.531
Wingspan	1.01	m	0.10	0.79	1.16	5.52	0.361		3.88	0.254
F: flapping (0) or gliding (+1)	0		0.15	0.88	0.77	4.31	0.282		2.49	0.163
Proportion of flights upwind	0%	%	0.20	0.96	0.58	3.73	0.244		1.74	0.114
Bird speed	12.6	m/sec	0.25	1.00	0.46	3.29	0.216		1.22	0.080
Rotor Radius	63	m	0.30	0.98	0.39	2.93	0.192		0.90	0.059
Rotation Speed	16.5	rpm	0.35	0.92	0.33	2.58	0.169		0.67	0.044
Rotation Period	3.64	sec	0.40	0.85	0.29	2.28	0.149		0.52	0.034
			0.45	0.80	0.26	2.07	0.136		0.48	0.032
			0.50	0.75	0.23	1.90	0.124		0.56	0.036
Bird aspect ratio: β	0.45		0.55	0.70	0.21	1.74	0.114		0.61	0.040
			0.60	0.64	0.19	1.59	0.104		0.64	0.042
Integration interval	0.05		0.65	0.58	0.18	1.45	0.095		0.65	0.043
			0.70	0.52	0.17	1.32	0.086		0.66	0.043
			0.75	0.47	0.15	1.22	0.080		0.66	0.043
			0.80	0.41	0.14	1.10	0.072		0.65	0.042
			0.85	0.37	0.14	1.03	0.067		0.64	0.042
			0.90	0.30	0.13	0.91	0.060		0.61	0.040
			0.95	0.24	0.12	0.81	0.053		0.59	0.038
			1.00	0.00	0.12	0.45	0.029		0.45	0.029

Overall p(collision) integrated over disk

		Upwind	**10.5%**	**Downwind**	**4.9%**
Proportion upwind:	downwind				
0%	100%		**Average**	**4.9%**	(copied to sheet 1)

Datos según se usaron en la hoja de cálculo '*Riesgo de Colisión en Recorrido Simple'* dentro de la herramienta CRM Band (2012)

COLLISION RISK ASSESSMENT (BIRDS ON MIGRATION)																
Sheet 2 - Overall collision risk	**All data input on Sheet 1:**															from Sheet 1 - input data
	no data entry needed on this sheet!															from Sheet 6 - available hours
Bird details:	**other than to choose option for final tables**															from Sheet 3 - single transit collision risk
Species		Grey Gull														from survey data
Flight speed	m/sec	12.6														calculated field
Flight type		flapping														
Windfarm data:																
Number of turbines		80														
Rotor radius	m	63														
Minimum height of rotor	m	137														
Total rotor frontal area	sq m	997518														
			Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	year average	
Proportion of time operational	%		60%	57%	58%	56%	53%	51%	52%	54%	59%	58%	60%	62%	56.7%	
Stage A - flight activity															**per annum**	
Migration passages			2E+06	645150	0	0	0	0	0	0	0	759000	1138500	1037300	**5148550**	
Migrant flux density	birds/ km		34858	14336.7	0	0	0	0	0	0	0	16866.67	25300	23051.11		
Proportion at rotor height	%	1%														
Flux factor			275963	113501	0	0	0	0	0	0	0	133530	200295	182491		
Option 1 -Basic model - Stages B, C and D																
Potential bird transits through rotors			2760	1135	0	0	0	0	0	0	0	1335	2003	1825	**9058**	
Collision risk for single rotor transit	(from sheet 3)	6.3%														
Collisions for entire windfarm, allowing for non-op time, assuming no avoidance	birds per month or year		**105**	**41**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**49**	**76**	**72**	**342**	
Option 2-Basic model using proportion from flight distribution			**40**	**15**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**19**	**29**	**27**	**129**	
Option 3-Extended model using flight height distribution																
Proportion at rotor height	(from sheet 4)	0.4%														
Potential bird transits through rotors	Flux integral	0.0039	1079	444	0	0	0	0	0	0	0	522	783	713	**3541**	
Collisions assuming no avoidance	Collision integral	#VALUE!	######	######	######	######	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	
Average collision risk for single rotor transit		#VALUE!														
Stage E - applying avoidance rates																
Using which of above options?	**Option 1**	0.00%	105	41	0	0	0	0	0	0	0	49	76	72	**342**	
	birds per month															
Collisions assuming avoidance rate	or year	95.00%	5	2	0	0	0	0	0	0	0	2	4	4	**17**	
		98.00%	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	**7**	
		99.20%	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	**3**	
		99.50%	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**	
Collisions after applying large array correction		95.00%	5	2	0	0	0	0	0	0	0	2	4	4	**17**	
		98.00%	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	**7**	
		99.20%	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	**3**	
		99.50%	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**	

Datos según se usaron en la hoja de cálculo '*Riesgo de Colisión Migrante'* dentro de la herramienta CRM Band (2012)