



CRITERIO DE EVALUACIÓN EN EL SEIA:

Consideraciones para la predicción y evaluación de las emisiones de ruido audible asociado al efecto corona en proyectos de transmisión eléctrica



CONSIDERACIONES PARA LA PREDICCIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS EMISIONES DE RUIDO AUDIBLE ASOCIADO AL EFECTO CORONA EN PROYECTOS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA

Autor: Servicio de Evaluación Ambiental

Primera Edición

Santiago, junio 2023

Diseño y diagramación: Servicio de Evaluación Ambiental

Fotografías interior y portada: Unsplash

Si desea presentar alguna consulta, comentario o sugerencia respecto del documento, por favor, escribir al siguiente correo comentarios.documentos@sea.gob.cl

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	5
RESUMEN	6
1. INTRODUCCIÓN	7
2. CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA PREDICCIÓN Y EVALUACIÓN DEL RUIDO AUDIBLE ASOCIADO AL EFECTO CORONA	9
3. MÉTODOS DE CÁLCULO PARA LA PREDICCIÓN DEL RUIDO AUDIBLE EN PROYECTOS DE TRANSMISIÓN EN EL SEIA	12
3.1 Métodos para la predicción de RA en LTE de corriente alterna	12
3.2 Métodos para la predicción de RA en LTE de corriente continua	15
3.3 Consideraciones para la aplicación de métodos de predicción de ruido audible e información mínima que se debe presentar	18
4. CONSIDERACIONES EN LA APLICACIÓN DEL D.S. N°38/2011 EN EL SEIA PARA EL RUIDO AUDIBLE	21
4.1 Representatividad de receptores	22
4.2 Determinación de niveles de ruido de fondo	22
4.3 Acreditación del cumplimiento normativo	23
4.4 Evaluación del efecto sinérgico	23
5. BIBLIOGRAFÍA	24



PRESENTACIÓN

En el marco del creciente desarrollo de proyectos de transmisión de energía, factor clave para un suministro eléctrico seguro, de calidad y disponible incluso para las comunidades más alejadas de entornos urbanizados y, considerando también, el escenario de descarbonización de la matriz energética nacional, el desarrollo de proyectos de generación de energía renovable y el avance de la industria del hidrógeno verde, es que se ha identificado la necesidad de robustecer técnicamente la evaluación ambiental de proyectos energéticos.

En este contexto, la construcción, operación y cierre de Líneas de Transmisión Eléctrica (LTE), conllevan emisiones de ruido que tienen el potencial de generar impacto en sectores habitados, dado que este tipo de proyectos se ubica, generalmente, en zonas rurales con menores niveles de ruido basal. De esta manera, un proyecto de estas características podría emplazarse de forma aledaña a comunidades rurales donde una nueva fuente de ruido podría generar externalidades negativas. Ello justifica la necesidad de desarrollar un proceso de evaluación ambiental que asegure el cumplimiento normativo, a través de una adecuada estimación del impacto, de manera que no se subestimen las emisiones del proyecto, así como también, el establecimiento de eventuales medidas y compromisos idóneos.

En la predicción y evaluación de impactos por ruido en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) existe una serie de lineamientos técnicos vigentes¹, los cuales son observables y vinculantes en la evaluación de proyectos de transmisión de energía eléctrica. Así, surge la necesidad de precisar aún más las metodologías e información necesaria que debe presentar cada titular para acreditar el cumplimiento normativo de los niveles de ruido asociados al efecto corona, a través de una evaluación ambiental técnica y de excelencia.

Al respecto, este documento entrega criterios y lineamientos técnicos que orientan la predicción y evaluación del “ruido audible” vinculado al efecto corona² en proyectos de transmisión eléctrica, considerando los antecedentes técnicos necesarios para acreditar el

¹ Guía para la predicción y evaluación de impactos por ruido y vibración en el SEIA (2019); Criterio de evaluación en el SEIA: evaluación del efecto sinérgico asociado a impactos por ruido sobre la salud de la población (2022).

² Expresión técnica reconocida internacionalmente para referirse al zumbido eléctrico persistente o “chispeante”, generado por las líneas de transmisión eléctrica.

cumplimiento normativo, constituyendo un complemento a las guías y criterios ya publicados por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y que son igualmente observables.

De esta manera, el presente documento materializa la atribución del SEA expresada en el artículo 81, letra d), de la Ley N°19.300, Sobre Bases Generales del Medio Ambiente (en adelante, Ley N°19.300), en torno a uniformar criterios, requisitos, condiciones, antecedentes, certificados, trámites, exigencias técnicas, y procedimientos de carácter ambiental que establezcan los ministerios y demás organismos del Estado competentes, en particular, respecto al procedimiento de evaluación ambiental, a través de guías y otros instrumentos.

El proceso de elaboración de este documento técnico responde a las necesidades identificadas por el SEA y los Órganos de la Administración del Estado con Competencia Ambiental (Oaecas), en donde, a partir de una propuesta inicial, se dio curso a un trabajo colaborativo entre la Dirección Ejecutiva del SEA y el Departamento de Ruido, Lumínica y Olores del Ministerio del Medio Ambiente. Esta propuesta fue sometida posteriormente a la revisión y observación de las Direcciones Regionales del SEA, el Ministerio de Energía y el Ministerio de Salud, a quienes se agradece su colaboración.

RESUMEN

En este documento técnico se entregan los lineamientos para asegurar la correcta predicción y evaluación del ruido audible asociado al efecto corona, en LTE tanto de corriente alterna como de corriente continua, mediante la consideración de métodos de cálculo que permiten la estimación del ruido audible a una distancia conocida desde la LTE al punto de estimación, abarcando las consideraciones técnicas que implican este tipo de fuentes de ruido, de manera que se estimen correctamente sus emisiones.

Palabras clave: líneas de transmisión eléctrica, efecto corona, ruido audible.



1. INTRODUCCIÓN

La operación de las LTE tiene el potencial de generar emisiones de ruido audible en su entorno, las cuales están asociadas principalmente al **efecto corona**.

El efecto corona consiste en la ionización de partículas de aire en la superficie de los conductores³, el que se produce cuando el campo eléctrico (E) excede la rigidez dieléctrica del aire, la que varía considerablemente con las condiciones meteorológicas, generando descargas aéreas en la superficie de los conductores, lo que se manifiesta en pérdidas de potencia, interferencias de ondas de radio, radiaciones lumínicas y **ruido audible** en las cercanías de las LTE. En general, se trata de un campo eléctrico no homogéneo en la superficie de los conductores, haciendo que el aire en su entorno se comporte como conductor, aumentando de manera ficticia el radio de los conductores.

El efecto corona depende de la tensión de operación, forma y diámetro de los conductores, así como de irregularidades en sus superficies, polvo y gotas de agua. Para el caso de las LTE de corriente alterna, las condiciones de lluvia o alta humedad (mal tiempo) favorecen

³ Se aplica este concepto a los cuerpos capaces de conducir o transmitir la electricidad, que usualmente es de cobre. Araya y Sandoval, 2001. Conductores eléctricos. PRIEN - Programa de Investigaciones en Energía, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Disponible en sitio web: http://www.electricistasdechile.cl/download/material_tecnico/conductores%20electricos.pdf.

significativamente que se origine este efecto. Por otra parte, para las LTE de corriente continua, el efecto se manifiesta con mayor probabilidad en condiciones de buen tiempo, disminuyendo su emisión de ruido para condiciones de lluvia (IEEE, 1982).

El ruido generado por el efecto corona se caracteriza por ser un zumbido eléctrico persistente o un sonido “chispeante”, y se denomina **“ruido audible”** (en adelante, “RA”), tratándose de una expresión meramente técnica reconocida internacionalmente. Al respecto, cabe precisar que el RA de una LTE asociado al efecto corona se encuentra regulado por el D.S. N°38/2011, del Ministerio del Medio Ambiente, que Establece Norma de Emisión de Ruidos Generados por Fuentes que indica, elaborada a partir de la revisión del Decreto N°146, de 1997, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (en adelante, “D.S. N°38/2011”), por corresponder a emisiones de ruido de infraestructura energética, que constituye una fuente emisora de ruido conforme al artículo 6º, N°13 del mismo cuerpo normativo.

De esta manera, las emisiones de RA asociadas al efecto corona deben ser consideradas por los titulares en el **diseño de los proyectos**, presentando los correspondientes antecedentes que acrediten el cumplimiento normativo, a fin de ser considerados en el proceso de evaluación ambiental de una LTE.



2. CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA PREDICCIÓN Y EVALUACIÓN DEL RUIDO AUDIBLE ASOCIADO AL EFECTO CORONA

En el marco del SEIA, los proyectos de transmisión de energía deben someterse a evaluación en atención a las tipologías contenidas en el artículo 10 de la Ley N°19.300 y que se detallan en el artículo 3º del Decreto Supremo N°40, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, que Aprueba Reglamento del SEIA (Reglamento SEIA), particularmente respecto del literal b), que contempla líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje y sus subestaciones.

De este modo, cada proyecto de transmisión de energía que ingrese al SEIA, deberá considerar un listado de contenidos mínimos que se encuentra detallado en los artículos 18 y 19 del Reglamento del SEIA, dependiendo de su vía de ingreso, es decir, si corresponde a una Declaración o Estudio de Impacto Ambiental.

Entre estos contenidos mínimos se encuentran, entre otros, los antecedentes que justifiquen la inexistencia de efectos, características y circunstancias (ECC) del artículo 11 de la Ley N°19.300, en particular aquellos relativos a la salud de la población, así como el plan de cumplimiento de la legislación ambiental aplicable, dentro de la cual se considera el D.S. N°38/2011. De esta manera, cobra relevancia para los titulares aportar los antecedentes necesarios para evaluar el RA asociado al efecto corona y acreditar el cumplimiento de la normativa ambiental aplicable en el SEIA, tal como se revisará en el numeral 3.2 del presente documento.

Dicho lo anterior, los criterios que abordará el presente documento se relacionan con la evaluación de los efectos, características y circunstancias del artículo 11 letra a) de la Ley 19.300, en concordancia con el artículo 5º letra b) del Reglamento del SEIA. De este

modo, para evaluar si existe riesgo para la salud de la población se debe considerar: “*b) La superación de los valores de ruido establecidos en la normativa ambiental vigente. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las vigentes en los Estados que se señalan en el artículo 11 del presente Reglamento*”. En este caso, la normativa ambiental respecto de la cual se deberá verificar la superación de los valores de ruido es el D.S. N°38/2011, cuyo objeto de protección es precisamente la salud de las personas.

Consecuentemente, se deberá predecir los niveles de ruido audible para luego evaluarlos de acuerdo con los máximos permisibles que establece el D.S. N°38/2011. De no superarse dichos límites, se descartarán los impactos significativos en la salud de la población, debiendo el titular acompañar los antecedentes que justifican la inexistencia de estos ECC. Si por el contrario se verifica una superación de la norma antes referida, el impacto deberá ser evaluado como significativo y el titular deberá proponer las medidas de mitigación, reparación y compensación adecuadas que se hagan cargo de estos impactos, a fin de acreditar su cumplimiento normativo.

Sin perjuicio de lo anterior, el titular de un proyecto que identifica potencial superación de la normativa ambiental aplicable, para uno o más receptores, **puede incorporar técnicas o tecnologías como parte del diseño del proyecto, las que deben ser presentadas en la descripción de proyecto en una DIA o EIA**, según corresponda. En este sentido, se entenderá que, habiéndose incorporado estas técnicas o tecnologías como parte del diseño del proyecto, no habría generación de impactos significativos, ya que, con las medidas empleadas, no existiría superación de los máximos permisibles establecidos en la normativa y evaluados en el receptor.

Por otro lado, cabe tener presente que, dentro de los lineamientos disponibles para abordar los impactos por ruido asociados a este tipo de proyectos, se encuentra la *Guía para la predicción y evaluación de impactos por ruido y vibración en el SEIA* (2019), del Servicio de Evaluación Ambiental (en adelante, Guía), la cual se refiere particularmente a algunos modelos o métodos de cálculo de ruido generados por LTE de corriente alterna (ver Tabla 1 del presente documento⁴).

⁴ En general, el ruido audible estimado por métodos de cálculo para líneas de transmisión se encuentra asociado a condiciones climáticas o a un descriptor acústico en específico. Para una correcta comprensión de los resultados entregados por estos métodos, se deberán tener presente las siguientes definiciones:

- L_{50} : nivel que es excedido el 50% del tiempo durante condición de lluvia.
- L_5 : nivel que es excedido el 5% del tiempo durante condición de lluvia.

Tabla 1. Principales características y restricciones de los modelos de cálculo del ruido generado por el efecto corona en LTE de corriente alterna.

MODELO	TENSIÓN [KV]	NÚMERO DE CONDUCTORES	DIÁMETRO DE CONDUCTORES [CM]	NIVEL DE LLUVIA
American Electric Power	500-800	$N \leq 6$	$2 \leq d \leq 6,5$	L50
Ontario Hydro	230-765	$1 \leq N \leq 4$	$2 \leq d \leq 6,5$	L5
Bonneville Power Administration	230-1500	$N \geq 1$	$2 \leq d \leq 6,5$	L50
Electricité de France	400-1200	$N \leq 6$	$2 \leq d \leq 6$	L5
Ente Nazionale Per L'Energia Elettrica;	400-1200	$N \leq 10$	$2 \leq d \leq 5$	L5
Forschungsgemeinschaft Für Hochspannungen und Hochstromtechnik E. V.	Cualquiera	$N \leq 6$	$2 \leq d \leq 7$	L5
Hydroquebec Institute Of Research	345-1500	$N \geq 2$	Cualquiera	L5
Electric Power Research Institute	230-1500	$N \geq 3$ $N < 6$	$2 \leq d \leq 6$	L5 L50

Fuente: SEA, 2019.

Como se puede apreciar, dicha Guía describe las variables que permiten estimar el ruido audible generado por una LTE y que dependen principalmente de las características de su configuración. En efecto, parámetros como la tensión, gradiente de campo eléctrico, diámetro de conductores, número de conductores por fase, número de fases, entre otros, son las variables que tienen mayor influencia sobre la generación del RA ocasionado por el efecto corona en proyectos de transmisión.

En este contexto, el presente documento entrega criterios y lineamientos para la correcta aplicación de dichos métodos de predicción indicados para **LTE de corriente alterna**, además de incorporar métodos válidos para la estimación de RA en **LTE de corriente continua**. Junto con ello, se establecen una serie de requerimientos de información mínima y consideraciones para una debida evaluación ambiental.

Cabe señalar que, para efectos de calcular el RA en el **punto de estimación**, se entenderá que éste corresponde al **receptor**, es decir, se debe considerar la distancia D desde cada fase de la LTE al receptor, la cual se deberá indicar para cada caso.



3. MÉTODOS DE CÁLCULO PARA LA PREDICCIÓN DEL RUIDO AUDIBLE EN PROYECTOS DE TRANSMISIÓN EN EL SEIA

Considerando la información que presenta la citada Guía (2019), este documento profundiza sobre los parámetros y métodos de cálculo para efectos de orientar a los diferentes actores que participan del proceso de evaluación ambiental hacia su correcto desarrollo.

A continuación, se exponen métodos que pueden ser considerados para la predicción del RA generado por el efecto corona, tanto para proyectos de LTE de corriente alterna como continua, junto a la información que debe aportar el titular para contar con antecedentes suficientes que permitan la evaluación de este componente en el SEIA.

3.1 Métodos para la predicción de RA en LTE de corriente alterna

En general, los métodos empleados para la predicción indican que el nivel de RA generado por cada fase de una LTE de corriente alterna se puede obtener a partir de fórmulas empíricas que se configuran de la siguiente manera:

$$\mathbf{RA} = k_1 f_1(E) + k_2 f_2(n) + k_3 f_3(d) + k_4 f_4(D) + \mathbf{RA}_0 + K \quad (1)$$

En donde:

RA : Ruido Audible de la fase, en dBA

RA₀ : Ruido Audible de referencia, en dBA

- E** : Campo eléctrico, en kV/cm
n : Número de conductores de la fase
d : Diámetro del conductor de la fase, en cm
D : Distancia radial desde la fase al punto de estimación de niveles de ruido, en m
k_i : Coeficientes constantes del modelo
f_i() : Funciones
K : Factor de ajuste específico del modelo

Es importante señalar que el cálculo del RA en esta instancia corresponde al generado por una fase⁵ de la línea, y no al RA total que contempla la contribución de todas las fases de la LTE. De esta forma, para estimar la emisión total de la LTE se debe sumar energéticamente la contribución de cada fase, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{RA}_{\text{tot}} = 10 \log \sum_{j=1}^M 10^{\left(\frac{\text{RA}_j}{10}\right)} [\text{dBA}] \quad (2)$$

En donde:

- M** : Número total de fases de la LTE
RA_j : Ruido audible de la fase j calculado según (1)

A continuación, se presentan de manera resumida tres métodos que podrán ser considerados para la predicción del RA en LTE de corriente alterna:

a. Método EDF - (Francia)

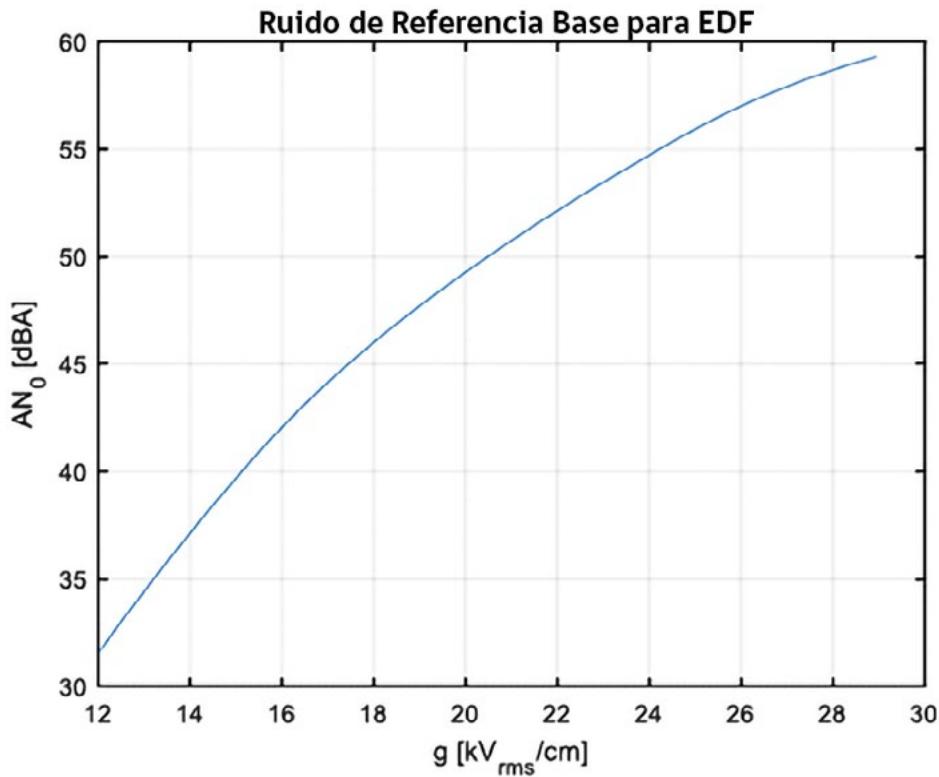
El método EDF (*Électricité de France*) es aplicable para tensiones entre 400-1200 kV, y para un número menor o igual a 6 conductores. El diámetro de conductores para la aplicación de este método deberá ser de entre 2 y 6 cm. El método EDF considera un nivel de lluvia intenso (L₅).

$$\text{RA}_{\text{EDF}} = 15 \log n + 4,5 d - 10 \log D + \text{RA}_0 [\text{dBA}] \quad (3)$$

En donde el nivel de referencia RA₀ se calcula a partir de la figura 1 (considerando g = E y AN₀ = RA₀):

⁵ Se denomina fase a cada corriente monofásica que compone el sistema de transmisión.

Figura 1. Ruido audible de referencia para aplicar el método EDF.



Fuente: elaboración propia con base en IEEE, 1982.

b. Método ENEL - (Italia)

El método ENEL (*Ente Nazionale per L'Energia Elettrica*) es aplicable para tensiones entre 400 - 1200 kV, de hasta 10 conductores por fase, con diámetro de conductores de entre 2 y 5 cm. El método ENEL, así como el método EDF, considera un nivel de lluvia intenso (L_5).

$$RA_{ENEL} = 85 \log E + 18 \log n + 45 \log d - 10 \log D - 71 + K \text{ [dBA]} \quad (4)$$

En donde $K = 3$ para $n = 1$ y $K = 0$ para $n \geq 2$.

c. Método FGH para corriente alterna - (Alemania)

El método FGH (*Forschungsgemeinschaft Für Hochspannungen und Hochstromtechnik E. V.*), a diferencia de los métodos anteriores, no posee limitante en términos de la tensión de la línea de transmisión, por lo que puede ser aplicado para cualquier tensión, considerando

un número menor o igual a 6 conductores por fase, con un diámetro de entre 2 y 6 cm. El método FGH, así como los métodos anteriores, considera un nivel de lluvia intenso (L_5).

$$RA_{FGH-CA} = 2E + 18 \log n + 45 \log d - 10 \log D - 0,3 \text{ [dBA]} \quad (5)$$

3.2 Métodos para la predicción de RA en LTE de corriente continua

A continuación, en la siguiente tabla se presentan tres métodos que podrán ser considerados para la predicción del ruido audible generado por el efecto corona en proyectos de LTE de corriente continua, junto a los factores de diseño para su aplicación.

Tabla 2. Métodos para la estimación de RA en LTE de corriente continua y consideraciones de diseño para su aplicación.

MÉTODO	NÚMERO DE CONDUCTORES	DIÁMETRO DE CONDUCTORES (CM)	CONDICIÓN CLIMÁTICA DE PREDICCIÓN
BPA	$4 \leq n \leq 8$	$d \leq 5$	Nivel promedio en buen tiempo (L_{50})
FGH	$2 \leq n \leq 5$	$2 \leq d \leq 4$	Nivel máximo en buen tiempo
IREQ	$4 \leq n \leq 8$	$d \leq 5$	Nivel promedio en buen tiempo (L_{50})

Fuente: elaboración propia a partir de IEEE, 1982.

Los métodos antes señalados son de naturaleza general y pueden ser aplicados a distintos diseños de estructuras y tensiones (IEEE, 1982).

Además, según se aprecia en la tabla anterior, la condición climática de predicción se describe en términos cualitativos, lo que dificulta asociar el valor de RA obtenido a una condición climática en específico. Al respecto, cabe precisar que frecuentemente se habla de "buen tiempo" en términos genéricos para referirse a condiciones de mayor temperatura, baja humedad y ausencia de lluvia (conductor seco); condiciones bajo las cuales el efecto corona tiene mayor probabilidad de presentarse en LTE de corriente continua. De este modo, la aplicación de dichos métodos debe estar siempre orientada a representar las condiciones más desfavorables, ya sea eligiendo el método más conservador o aplicando las correcciones que indica cada modelo para aproximarse a los valores de máxima emisión de ruido.

Los métodos para las LTE de corriente continua son similares a los de corriente alterna, con la excepción de que la emisión de ruido es generada solo por el polo positivo, por lo que para estos métodos de cálculo se debe considerar la distancia desde el polo positivo al punto de estimación. Así, para el caso de una única línea bipolar, el ruido equivale al generado por el set de conductores del polo positivo, sin necesidad de sumar contribuciones.

Por otro lado, si se tratase de dos líneas bipolares en la misma estructura, se deberá sumar energéticamente la contribución de los dos polos positivos en el punto de estimación de los niveles de ruido, utilizando para tal efecto la Ecuación 2. Al respecto, la nomenclatura descrita en la Ecuación 1 en el apartado 3.1.1, para los parámetros Ruido Audible (RA), Ruido Audible de referencia (RA_0), campo eléctrico (E), número de conductores (n), diámetro del conductor (d), distancia (D) y constantes del modelo (k), se mantiene para el caso de la LTE de corriente continua.

A continuación, se presentan de forma resumida tres métodos que podrán ser considerados para la predicción del RA generado por el efecto corona en proyectos de LTE de corriente continua, referenciados en la Tabla 2:

a. Método BPA (Bonneville Power Administration)

El método BPA considera una condición climática L_{50} promedio en buen tiempo. El método permite su aplicación para fases que contienen entre 4 y 8 conductores, siempre que el diámetro de cada conductor sea menor o igual a 5 cm.

El nivel de ruido audible para cada polo positivo está dado por:

$$RA_{BPA} = 86 \log(E) + K \log(n) + 40 \log(d) - 11,4 \log(D) + RA_0 + \frac{q}{300} \quad [dB(A)] \quad (6)$$

En donde:

$K = 25,6$ para $n \geq 3$ y $K = 0$ para $n < 3$

$RA_0 = -100,6$ para $n \geq 3$ y $RA_0 = -93,4$ para $n < 3$.

$q =$ altura del conductor sobre el nivel del mar, en m (corrección por altitud)⁶

Para efectos de obtener los valores de predicción bajo otras condiciones climáticas, se debe aplicar una corrección de **+ 5 dB(A)** para obtener los niveles de ruido bajo una condición de valor máximo en buen tiempo y una corrección de **- 6 dB(A)** para obtener los niveles de ruido para L_{50} en mal tiempo. Dicha corrección se aplica sobre el valor L_{50} promedio en buen tiempo, que es la condición climática que se considera en este método.

⁶ Corrección incorporada por el Consejo Internacional de Grandes Redes Eléctricas (Cigre).

b. Método FGH para corriente continua - (Alemania)

El método FGH (Forschungsgemeinschaft Für Hochspannungs und Hochstromtechnik E.V) para corriente continua es aplicable para un número entre 2 a 5 conductores, cuyo diámetro varíe entre 2 y 4 cm. El método FGH, considera la predicción bajo un nivel de buen tiempo máximo, lo que implica que el valor calculado será representativo de la condición más desfavorable para buen clima.

$$RA_{FGH-CC} = 1,4E + 10 \log n + 40 \log d - 10 \log D - 1,0 \text{ [dBA]} \quad (7)$$

c. Método IREQ - (Canadá)

El método IREQ (del *Hydro Quebec Institute of Research*) considera una condición climática en buen tiempo promedio (L_{50}). El método permite su aplicación para fases que contienen entre 4 y 8 conductores, con un diámetro menor o igual a 5 cm.

$$RA_{IREQ} = k(E - 25) + 10 \log n + 40 \log d - 11,4 \log D + RA_0 \text{ [dBA]} \quad (8)$$

Donde k y RA_0 dependen de la estacionalidad, como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3. Valores de k y RA_0 según estaciones del año.

ESTACIÓN DEL AÑO	k	RA_0
Verano	1,54	26,5
Otoño/Primavera	0,84	26,6
Invierno	0,51	24,0

Fuente: elaboración propia a partir de IEEE, 1982.

Cabe señalar que la estimación debe considerar la peor condición, es decir, la evaluación del cumplimiento normativo se debe realizar con el mayor nivel de ruido audible, por lo que es importante considerar la estación del año que represente dicha condición.

3.3 Consideraciones para la aplicación de métodos de predicción de ruido audible e información mínima que se debe presentar

Para efectos de evaluar debidamente la estimación de RA generado por el efecto corona, se deberán describir los siguientes parámetros de la LTE:

- Campo eléctrico o gradiente de potencial en la superficie de cada conductor (E)
- Altura mínima de la catenaria (m)
- Número de fases (N)
- Número de conductores por cada fase (n)
- Diámetro de cada conductor (d)
- Ancho de franja de seguridad desde el eje⁷ (m)

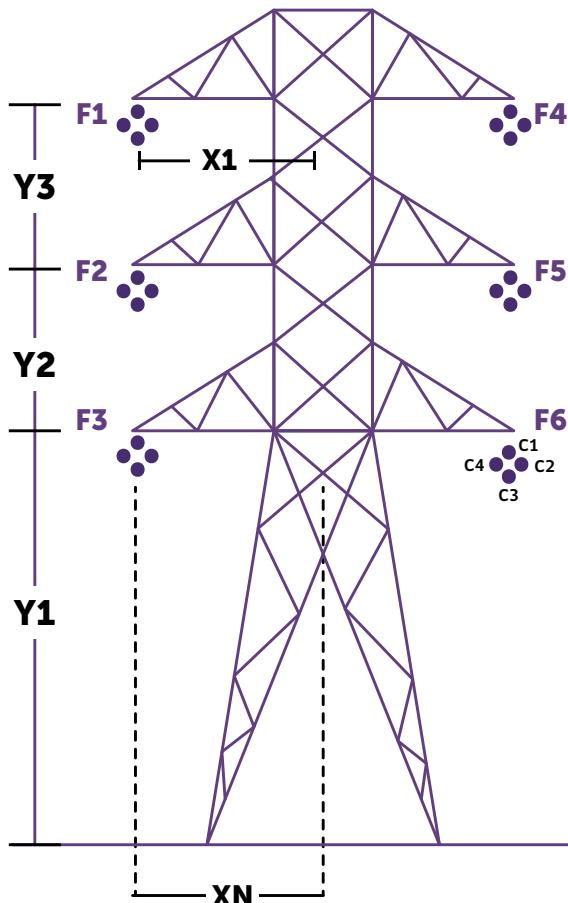
Asimismo, como parte de la información necesaria para predecir y evaluar el impacto por ruido audible asociado al efecto corona, se sugiere indicar como referencia el nivel de RA en dB(A) estimado en la franja de seguridad, a una altura sobre el suelo de entre 1.2 a 1.5 metros, especificando la distancia D considerada para tal efecto. Dicho valor deberá incorporar necesariamente la suma de las contribuciones de todas las fases de la línea de transmisión (suma energética), y considerar la menor altura de la catenaria.

Además, se deberá presentar un diagrama seccional de las estructuras que empleará la LTE para graficar la distribución de sus fases, con sus respectivas alturas y distanciamientos, **lo cual permitirá determinar el escenario más desfavorable para la predicción de niveles de ruido, considerando la menor distancia al receptor.**

En el caso de que la LTE considere estructuras con distintas configuraciones, se deberán describir los distintos tipos, especificando dimensiones, alturas y distancia de separación de las fases, altura de catenaria, entre otros.

⁷ Se entenderá como "ancho de franja de seguridad desde el eje" a la distancia desde el centro de la LTE hasta uno de sus extremos.

Figura 2. Ejemplo de esquema de distribución de una LTE con 6 fases (F1 a F6) y 4 conductores por fase (C1 a C4).⁸



Fuente: elaboración propia.

Con relación al punto de estimación del RA, tanto para LTE de corriente alterna como continua, deberá considerarse la distancia D desde **cada fase de la LTE** al punto de estimación, teniendo así tantos valores D como número de fases tenga la línea de transmisión.

De otro modo, se podrá simplificar el cálculo de dichas distancias considerando un punto de emisión centrado al eje de la LTE, teniendo un único valor de D para todas las fases, al punto de estimación.

⁸ Donde XN es la distancia desde el centro de la LTE a cada fase; N es el número de fase (para este caso, 1 a 6); X1 es la distancia desde el centro de la LTE a la fase F1; C1, C2, C3 y C4 indican la cantidad de conductores de la fase; Y1, Y2 e Y3 corresponden a las distancias entre fases.

En ambos casos se deberá considerar una altura de fuente equivalente a la altura mínima de la catenaria, junto con lo cual se deberá describir el método adoptado para el cálculo de distancias y detallar dicha(s) distancia(s) para cada receptor.

Por último, debe tenerse siempre presente que el cálculo deberá realizarse considerando la suma energética de la contribución de todas las fases de la línea sobre el punto de estimación.

.....

En cada caso, el método que se empleará debe justificarse en atención a la configuración de la LTE, en términos de su tensión, número y diámetro de conductores, entre otros parámetros que se especifiquen. Cabe señalar que dichos métodos estiman el nivel de RA para condiciones meteorológicas en las que el efecto corona tiende a alcanzar su mayor emisión, permitiendo así aproximarse al escenario más desfavorable, siendo consistente con el criterio **mayor exposición a ruido** que indica el D.S. N°38/2011.

.....

La utilización de uno de los métodos en particular deberá ser validada en virtud de las características de diseño de la LTE.

En el caso de que la LTE en evaluación presente una configuración para la cual sean válidos dos o más métodos de predicción, deberá preferirse aquel que presente **la condición de mayor exposición para los receptores**.

No obstante, el titular podrá emplear un método diferente que resulte más idóneo para la configuración de la LTE en evaluación, lo que **debe ser justificado a partir de antecedentes técnicos**.

.....



4. CONSIDERACIONES EN LA APLICACIÓN DEL D.S. N°38/2011 EN EL SEIA PARA EL RUIDO AUDIBLE

La normativa ambiental aplicable para ruido ambiental corresponde al D.S. N°38/2011⁹. Dicha norma de emisión de ruido tiene por objetivo, de acuerdo con su artículo 1º, proteger la salud de la comunidad mediante el establecimiento de niveles máximos de emisión de ruido generados por las **fuentes emisoras de ruido** reguladas por la norma.

Luego, conforme al artículo 6º N°13 D.S. N°38/2011, fuente emisora de ruido es definida como: “*toda actividad productiva, comercial, de esparcimiento y de servicios, faenas constructivas y elementos de infraestructura que generen emisiones de ruido hacia la comunidad. Se excluyen de esta definición las actividades señaladas en el artículo 5º*”. De lo anterior es posible desprender que las LTE corresponden a una fuente regulada por la disposición legal, en tanto corresponden a infraestructura energética.

Asimismo, pese a su denominación como norma de emisión, cabe considerar que los máximos permisibles establecidos por esta normativa se miden en el receptor. En dicho contexto, se releva la definición de receptor contenida en el artículo 6º N°19 del D.S. N°38/2011: “*toda persona que habite, resida o permanezca en un recinto, ya sea en un domicilio particular o en un lugar de trabajo, que esté o pueda estar expuesta al ruido generado por una fuente emisora de ruido externa*”.

De este modo, una vez estimados y evaluados los impactos, e independientemente de que estos sean calificados como significativos o no, el **titular del proyecto deberá acreditar que cumple con esta norma**. Para efectos de acreditar el cumplimiento del D.S. N°38/2011 en el SEIA, se deberá tener en cuenta los siguientes criterios y requisitos de información.

⁹ Decreto Supremo N°38, de 2011, del Ministerio del Medio Ambiente. Establece norma de emisión de ruidos generados por fuentes que indica, elaborada a partir de la revisión del Decreto N°146, de 1997, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

4.1 Representatividad de receptores

Para efectos de la evaluación normativa, se requiere de una **correcta y completa determinación de los receptores en el área de influencia**, identificándose en torno al trazado de la LTE, abarcando toda la extensión geográfica del proyecto. Al respecto, tal como se menciona en la Guía (2019), “*es posible reducir la cantidad de mediciones de ruido o vibración, en la medida que sea posible caracterizar varios receptores mediante un único punto de medición representativo, lo que se debe fundamentar y justificar*” (énfasis añadido).

En este contexto, debe considerarse la definición de estos puntos representativos en la condición más desfavorable para los receptores, tanto en su condición espacial como temporal, incorporando los siguientes criterios:

- Representar las ubicaciones de mayor exposición a las emisiones de ruido.
- El conjunto de puntos de evaluación debe representar la totalidad de receptores potencialmente afectados.
- Privilegiar los sectores con menores niveles de ruido de fondo.

A mayor abundamiento, respecto a la determinación del área de influencia del componente ruido, se recomienda revisar los criterios que establece la *Guía para la Descripción del Área de Influencia en el SEIA* (2017), del Servicio de Evaluación Ambiental.

4.2 Determinación de niveles de ruido de fondo

Para efectos de realizar las mediciones de ruido de fondo, se debe determinar un escenario representativo de la condición de menores niveles de ruido, en ausencia de lluvia y baja velocidad de viento (idealmente < 5 m/s), en el ciclo temporal más vulnerable para los receptores según establece la Guía (2019). Lo anterior, también se podrá justificar mediante mediciones de carácter continuo.

Asimismo, se deberán excluir de la medición los ruidos ocasionales¹⁰ asociados a fuentes no habituales o propias del sector evaluado.

Para efectos del levantamiento de información, se deberán privilegiar los sectores habitados más próximos a la línea de transmisión y abarcar toda la extensión del trazado del proyecto. En este contexto, deberán seleccionarse puntos representativos de condiciones idóneas para realizar las mediciones (no cercanos a fuentes de carácter esporádico o no representativas del entorno sonoro).

¹⁰ Ver definición de “ruido ocasional”, Art. 6º, D.S. N°38/11 MMA.

4.3 Acreditación del cumplimiento normativo

Respecto a la conformidad normativa, el titular deberá acreditar el cumplimiento del D.S. N°38/2011 **en la totalidad de los receptores individualizados dentro del área de influencia**. Para tal efecto, como fue mencionado anteriormente, podrán definirse puntos de evaluación representativos cuya elección sea debidamente justificada y descrita.

Con la finalidad de entregar información completa y suficiente respecto al cumplimiento normativo, el titular deberá presentar al menos los siguientes antecedentes:

- Describir los criterios aplicados para la elección de puntos de evaluación de ruido, justificando su representatividad sobre la totalidad de receptores en el área de influencia.
- Identificar la(s) estructura(s) más cercana(s) a cada receptor y señalar su respectiva distancia.
- Señalar la distancia entre cada receptor y el eje de la LTE.
- Señalar la(s) distancia(s) D consideradas para la estimación de RA.
- Presentar la información de los puntos de evaluación a través de algún sistema de información geográfica (kmz, shape o similar).
- Dada la extensión geográfica de este tipo de proyectos, y con motivo de realizar una adecuada comprensión de los resultados, se deberán presentar curvas isofónicas con una resolución de 5 dB, a través de algún sistema de información geográfica.

En forma adicional, se podrá incluir la curva de propagación que describa los niveles de RA generados por el efecto corona en función de la distancia al eje de la LTE.

4.4 Evaluación del efecto sinérgico

Se debe tener especial atención cuando se está en presencia de dos o más proyectos que presentan emisiones de ruido. Lo anterior, tiene la finalidad de estimar si se puede configurar un **efecto sinérgico**, en conformidad a lo establecido en el artículo 2º letra h) bis, de la Ley N°19.300. Por su parte, para la evaluación del ruido ambiental generado por un conjunto de proyectos, cobra relevancia el concepto de **impacto acumulativo** por sobre el de efecto sinérgico. Si bien en ocasiones puede ser complejo distinguir entre ambos términos, desde un punto de vista puramente técnico, tiene mayor precisión para el presente caso el concepto de acumulativo, considerando que el ruido es aditivo en sí mismo, es decir, la suma de los impactos por ruido no genera nuevos efectos, y el impacto final tiene las mismas características que el impacto que le dio origen.

Sobre la base de lo anterior, para fines de establecer si se presenta dicho efecto y evaluar su significancia, deberán observarse los lineamientos que establece el documento *Criterio de evaluación en el SEIA: evaluación del efecto sinérgico asociado a impactos por ruido sobre la salud de la población (2022)*, del Servicio de Evaluación Ambiental, disponible en el Centro de Documentación del SEA.

5. BIBLIOGRAFÍA

Cigre Working Group 36.01, *Interference produced by corona effect of electric systems*. Cigre, 1966.

Corona and Fields Effect Subcommittie, "A Comparison of Methods for Calculating Audible Noise of High Voltage Transmission Lines", *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, vol. PAS-101, no. 10, pp. 4090-4099, 1982. [Online].

Criterio de evaluación en el SEIA: Evaluación del efecto sinérgico asociado a impactos por ruido sobre la salud de la población (2022).

Decreto Supremo N°38/2011 del Ministerio del Medio Ambiente. Norma que regula la emisión del ruido de fuentes que indica. Ministerio del Medio Ambiente, Santiago de Chile (2011).

Decreto Supremo N°40/2012 del Ministerio del Medio Ambiente. Aprueba Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Ministerio del Medio Ambiente, Santiago de Chile (2012).

Guía para la descripción del área de influencia en el sistema de evaluación de impacto ambiental (2017).

Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Ruido y Vibración en el SEIA. Servicio de Evaluación Ambiental (2019).

Ley N°19.300. Aprueba Ley Sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Santiago de Chile (1994).

