

Minuta

PROPUESTA CAMBIO DEL DESCRIPTOR Y MÉTODO PARA DETERMINAR EL NIVEL DE EMISIÓN DE RUIDO DE PARQUES EÓLICOS

Esta minuta describe la propuesta de un nuevo método para determinar la emisión de ruido de los Parques Eólicos. En específico, se propone reemplazar el descriptor Nivel de Presión Sonora Corregido (NPC) por muestras de Nivel Percentil 90 en dBA obtenidas mediante mediciones continuas que permitan calcular una curva de regresión que corresponderá a la emisión de ruido en función de la velocidad de viento registrada a la altura de buje del parque eólico. El criterio utilizado en esta propuesta se basa en la necesidad de caracterizar con mayor certeza y replicabilidad el nivel de emisión de ruido generado por Parques Eólicos, de forma de determinar y representar su emisión en sus distintos modos de funcionamiento.

I. ANTECEDENTES GENERALES - PARQUES EÓLICOS

- En los últimos años la proliferación de proyectos correspondientes a Parques Eólicos ha crecido exponencialmente debido a las condiciones favorables de viento que presenta gran parte del territorio nacional. Actualmente hay 64 proyectos en ejecución (fase de construcción y operación), 63 proyectos aprobados con Resolución de Calificación Ambiental y 29 proyectos en calificación en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Cabe tener presente que las políticas nacionales de descarbonización de la matriz de generación eléctrica y las proyecciones para el desarrollo de la industria energética basada en la producción de hidrogeno verde impulsan y presionan el desarrollo de la energía eólica en el país.
- Uno de los efectos negativos que producen la operación de parques eólicos es la generación de ruido y el impacto de éste en las personas que residen cercanas a estos proyectos.
- Para la evaluación de ruido que genera la operación de parques eólicos, el aspecto fundamental es la correcta determinación de los niveles de emisión de ruido que se generan. Esto conlleva ciertas complejidades técnicas a resolver, especialmente cuando se requiere identificar la condición más desfavorable para los receptores¹.
- En este sentido, las variables meteorológicas como la velocidad y dirección del viento y las características específicas del proyecto, en términos de su emplazamiento, configuración y equipamiento, juegan un papel trascendental en el diseño e implementación de la metodología que permita la correcta caracterización de niveles de emisión ruido producidos por la operación del parque eólico.
- Además, internacionalmente, y debido principalmente a las características especiales de emisión de ruido de los Parques Eólicos, se establecen métodos de caracterización específicos.
- Así, se hace necesario obtener una mejor caracterización de la emisión de parques eólicos, lo que se traducirá en una mejor aplicación de la norma de ruido dado que será posible vincular,

¹ Criterio de evaluación del DS38/11 MMA

con mayor certeza, que el nivel de ruido corresponde al generado por el parque eólico en su operación y no a ruidos ajenos a la fuente.

II. DESCRIPTOR ACÚSTICO DEL DS38: NIVEL DE PRESIÓN SONORA CORREGIDO (NPC)

- Actualmente, la norma establece el Nivel de Presión Sonora Corregido (NPC) como descriptor que se utiliza para determinar el nivel de ruido de la fuente emisora, estableciendo indicaciones, técnicas de medición y correcciones específicas² para obtenerlo.
- Respecto a la determinación del NPC, la norma establece en su Artículo 16° el siguiente criterio:
“Las mediciones para obtener el nivel de presión sonora corregido (NPC) se efectuarán en la propiedad donde se encuentre el receptor, en el lugar, momento y condición de mayor exposición al ruido, de modo que represente la situación más desfavorable para dicho receptor.”
- Además, la norma establece indicaciones para realizar las mediciones de ruido, dependiendo si la medición se realiza al interior³ o exterior del recinto:

Para mediciones internas:

- Se deben escoger 3 puntos de medición y en cada uno de ellos realizar 3 mediciones de 1 minuto (en total 9 mediciones de 1 minuto).
- Para cada medición de 1 minuto, se deben registrar los descriptores Nivel de Presión Sonora continuo equivalente NPSeq (asimilable al nivel promedio), Nivel de Presión Sonora mínimo NPSmín y Nivel de Presión Sonora máximo NPSmáx.
- Luego, para cada medición realizada se elige el mayor valor entre el NPSeq y el NPSmáx disminuido en 5 dB(A), y se calcula el promedio aritmético de los 9 valores.
- Una vez calculado el promedio aritmético, éste se corrige por ruido de fondo. También se corrige por ventana, puerta o vano abierto o cerrado, obteniendo así el NPC.

Para mediciones externas:

- El procedimiento es el mismo, pero se realiza sólo en un lugar de medición, es decir, sólo 3 mediciones de 1 minuto.

La implementación del NPC y otros aspectos de la normativa vigente para la evaluación de Parques Eólicos se han fortalecido con los criterios y procedimientos establecidos en la “Guía para la Aplicación del D.S.38/11 del MMA para proyectos de Parque Eólicos en el Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental”⁴ (SEA, 2020), donde uno de las principales indicaciones es la verificación de la norma mediante monitoreos continuos de niveles de ruido.

Análisis del descriptor NPC

- De acuerdo al método de medición, el valor de emisión que determina el NPC permite asegurar que el nivel obtenido y evaluado representa al más alto nivel respecto al resto de los niveles de

² Corrección por ventana, puerta o vano abierto/cerrado, y corrección por ruido de fondo.

³ El DS 38 establece su cumplimiento en el exterior del recinto, por lo que, si la medición es interna, ésta debe ser corregida en el caso de que exista una ventana, puerta o vano abierto o cerrado.

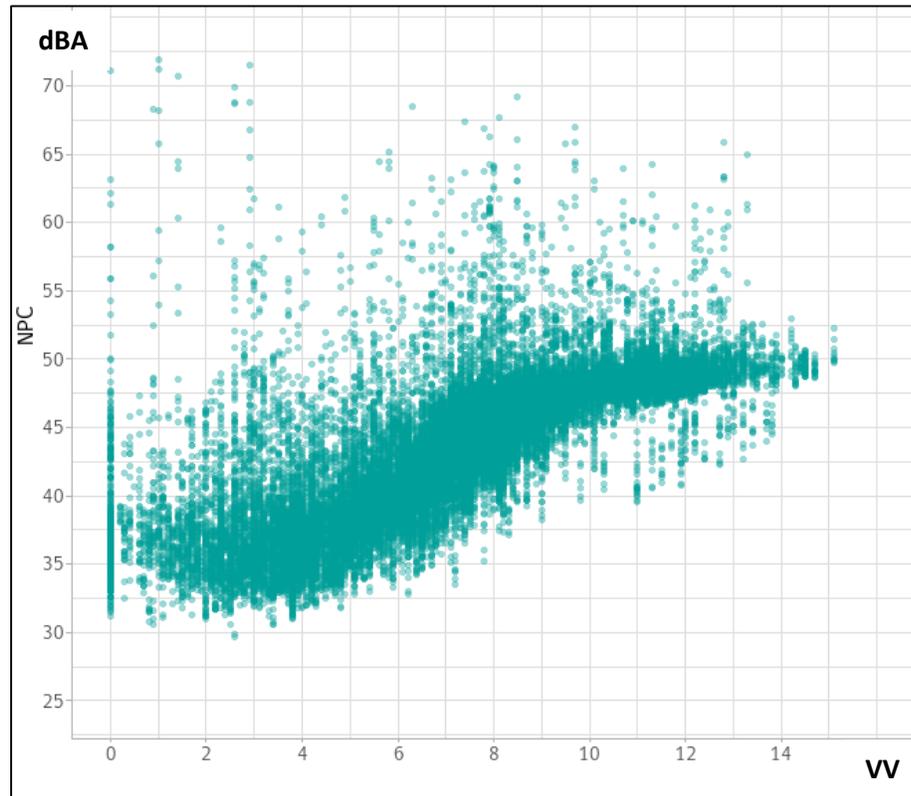
⁴ https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2020/03/13/guia_aplicacion_ds_38_parques_eolicos_en_el_seia.pdf

ruido que genere la fuente emisora. Con esto, se reconoce que el criterio de verificación de la norma, cual es, determinar la emisión de ruido en el “*momento, lugar y condición de mayor exposición*” es posible de obtener con el NPC.

- Ahora bien, el NPC se obtiene a partir de un breve tiempo de medición, lo que origina valores representativos del momento específico en el cual se realiza la medición. Así, este descriptor es mayormente adecuado para fuentes de ruido tipo estable. Sin embargo, para fuentes de ruido con mayor fluctuación, que presentan eventos casuales, esporádicos, y/o puntuales, los niveles medidos presentan un alto grado de dispersión, lo que en algunos casos deriva en incertezas sobre el nivel de emisión de ruido de la fuente. Esto, porque además el descriptor NPC considera un ajuste según el nivel de presión sonora máximo (NPSmáx), cuya representatividad temporal es de 1 segundo.
- Es importante tener en cuenta que la medición del NPC debe ser asistida por personal técnico durante todo el momento en el cual se registran los niveles de ruido que genera una fuente en evaluación. Esto para evitar que ruidos ocasionales⁵ se incorporen incorrectamente en el nivel de emisión de ruido a imputar a una fuente. La norma especifica claramente que estos ruidos ocasionales no deben ser considerados en la medición de la fuente.
- En particular, los niveles de ruido que generan la operación de Parques Eólicos son variables, debido a que depende intrínsecamente de condiciones meteorológicas, como la dirección y velocidad de viento, que están estrechamente relacionadas con el funcionamiento de los aerogeneradores y el nivel de emisión que son capaces de producir e influir en la propagación de ruido hacia los receptores. Esto tiende a generar resultados de NPC altamente variables, incluso en condiciones de operación estables del parque eólico.
- Para observar el comportamiento del NPC se analizaron mediciones de ruido realizadas en un punto respecto a la operación Parques Eólicos. El **Gráfico 1** presenta un análisis de los valores NPC obtenidos para un parque eólico mediante mediciones continuas realizada durante 14 días según recomienda la “Guía para la Aplicación del D.S.38/11 del MMA para proyectos de Parque Eólicos en el Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental”.
- Para una mejor comprensión del Gráfico 1, cabe indicar que la capacidad de operación y generación de ruido de los aerogeneradores dependen de la velocidad de viento presente en la altura de buje. Respecto a la generación de ruido, la normativa técnica internacional, por lo general, realiza la evaluación en un rango de velocidades de viento entre 6 y 12 m/s. Lo anterior, dado que bajo los 6 m/s los niveles de ruido generador por un parque eólico no son significativos respecto al ruido de fondo y sobre los 12 m/s los niveles de ruido tienen un comportamiento estable y no se generan mayores niveles de ruido. Esto también se establece en la mencionada Guía.

⁵ Ruido Ocasional: es aquel ruido que genera una fuente emisora de ruido distinta de aquella que se va a medir, y que no es habitual en el ruido de fondo.

Gráfico 1: NPC a distintas velocidades de viento en periodo diurno



- En el gráfico 1 se aprecia claramente que el NPC es altamente variable para determinar el valor del nivel de emisión de ruido. Incluso a la misma velocidad de viento y considerando datos relativamente agrupados se obtienen diferencias de NPC de 10 dB aproximadamente a los 6 m/s y de 4 dB aproximadamente para velocidades de 12 m/s.
- Dado que las mediciones graficadas no son asistidas presencialmente, se observa gran cantidad de datos atípicos respecto a la tendencia de datos que se muestran en el gráfico, probablemente dichos datos provienen de otras fuentes de ruido (ocasionales) diferentes al parque eólico.
- Así, se evidencia que el NPC es un descriptor que siempre debe ser supervisado durante la medición, dado que es sensible y vulnerable al registro de ruido de otras fuentes distintas al parque eólico. En este sentido, no es un descriptor adecuado para medir continuamente por varios días, ya que requiere supervisión técnica estricta para obtener un nivel de ruido que se pueda atribuir específicamente a un Parque Eólico.

III. NORMATIVA INTERNACIONAL COMPARADA

- Internacionalmente se establece que la caracterización de los niveles de ruido que generan los parques eólicos requiere de mediciones de largo plazo y técnicamente suficiente, lo que implica medir de forma continua con estaciones autónomas.
- En la siguiente Tabla se realiza una revisión de los descriptores acústicos aplicados en estándares internacionales específicos para parque eólicos:

Tabla 1: Resumen de descriptores acústicos aplicados en normativa de ruido para Parques Eólicos.

País	Normativa	Descriptor	Tiempo de cada muestra
Australia	Acoustic- Measurement, prediction and assessment of noise from wind turbine generators as 4959-2010	Leq dBA; L90 dBA (para obtener el Leq)	10 min
Canadá (Ontario)	Environmental Protection Act, R.S.O. 1990, c. E.19, Ontario Regulation 359/09	Leq dBA	1 hora
EE. UU Massachusetts	MassCEC Acoustic Study Methodology for Wind Turbines Projects	Leq dBA	10 min
Holanda	Regeling van de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer van 9 november 2007, nr. DJZ2007104180, houdende algemene regels voor inrichtingen (Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer).	Lden dB - Ln dB	Periodo horarios
Nueva Zelanda	NZS 6808:2010 Acoustics – Wind farm	L90 dBA	10 min

- Respecto al tiempo de monitoreo, la mayoría de las regulaciones sugieren que se realicen en periodos que permitan resultados provenientes de monitoreos técnicamente suficientes, que para algunos casos se especifica en la normativa y en otros queda al criterio del consultor que realiza la evaluación.

IV. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

- Como se ha mencionado, la variedad de niveles de ruido que generan los parques eólicos, incluso en condiciones operacionales equivalentes, significó que el Servicio de Evaluación Ambiental, mediante la “Guía para la Aplicación del D.S.38/11 del MMA para proyectos de Parque Eólicos en el Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental, estableciera que para caracterizar la emisión de ruido de parques eólicos se deben realizar mediciones continuas que permitan generar un número de muestras suficientes que complementariamente deben ser analizadas para una correcta interpretación y determinación del nivel de ruido a verificar.
- Dado que la caracterización del ruido generado por parques eólicos requiere de monitoreos continuos y de varios días, se requiere establecer un descriptor de niveles de ruido robusto que

permita, sin la asistencia de personal técnico, discriminar aquellos niveles que generan fuentes distintas a los parques eólicos y reducir la influencia de eventos sonoros puntuales, esporádicos y/o casuales. El descriptor debe ser capaz de generar muestras que sean atribuibles a la operación del parque eólico y que permitan definir con certeza el nivel de ruido a evaluar.

- Además, como la generación de ruido de un parque eólico depende principalmente de la velocidad de viento presente a la altura de buje del aerogenerador, es indispensable considerar dicha velocidad de viento (6 a 12 m/s) para relacionarla con los niveles de ruido registrados y determinar el nivel de emisión de ruido.

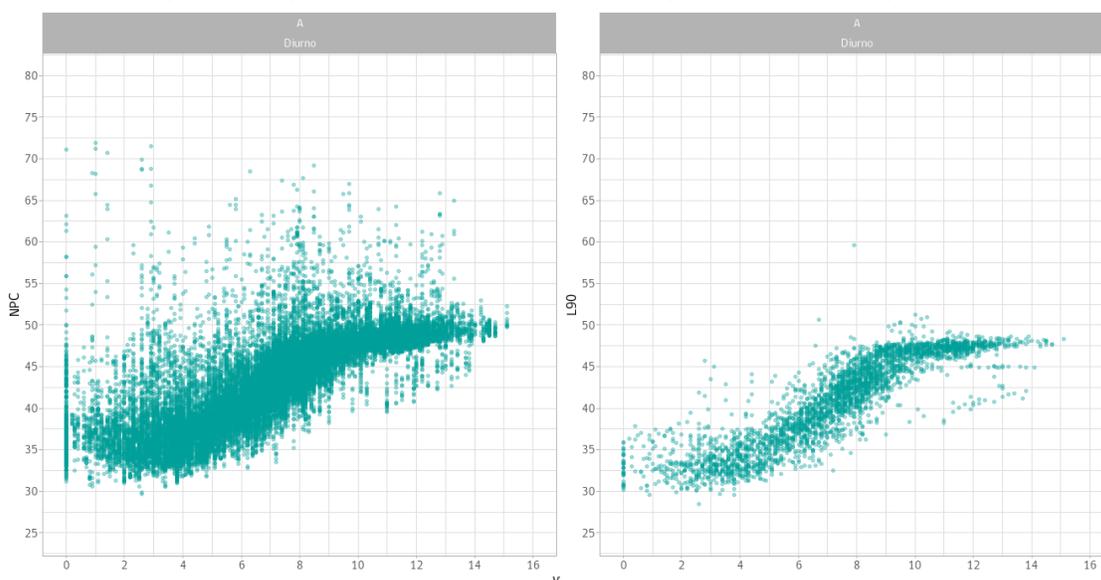
Criterios considerados en la propuesta

1. Considerar registrar muestras de niveles de ruido mediante mediciones continuas autónomas (no asistidas).
2. Definir un descriptor que sea menos sensible a eventos sonoros ocasionales, esporádicos y puntuales respecto al NPC considerando que se utilizará para registrar muestras de niveles de ruido mediante mediciones continuas.
3. Determinar los niveles de ruido en relación a la velocidad de viento a la altura de buje de los aerogeneradores.
4. Considerar un método que permita determinar con mayor representación y replicabilidad el nivel de emisión de ruido que genera la operación de los parques eólicos.
5. Considerar descriptores y métodos basados en normativa internacional comparada para la determinación del nivel de ruido.

V. ANÁLISIS DEL DESCRIPTOR ACÚSTICO L90 dBA

- De acuerdo a los análisis realizados a las características de distintos descriptores identificados en normativas internacionales, se consideró un descriptor acústico que fuera capaz de registrar, mediante mediciones continuas sin asistencia técnica permanente, muestras de niveles de ruido de parques eólicos discriminando ruidos generados por otras fuentes. En este sentido un descriptor acústico que cumple con la condición y criterios mencionados corresponde al nivel percentil 90 (L90).
- El L90 es el valor de nivel de presión sonora, expresado en decibeles A en respuesta rápida, por sobre el cual se encuentran el 90 por ciento de los datos observados durante el periodo de medición.
- Los siguientes gráficos permite visualizar la comparación de una medición continua realizada durante 2 semanas caracterizada mediante NPC y L90 dBA:

Gráfico 2: Comparación entre muestras del descriptor NPC y L90 dBA periodo diurno



- De los gráficos se aprecia una depuración significativa de los valores registrados y caracterizados con el descriptor L90 dBA (derecha). Se reducen significativamente los datos que se pueden clasificar como anómalos o atípicos evidenciados en el gráfico que representa los niveles de ruido mediante el descriptor NPC (izquierda).
- Como se mencionó anteriormente, los niveles de ruido que característicos que genera un parque eólico se producen en el rango de velocidad de viento entre 6 a 12 m/s en la altura de buje. En dicho rango se realizó un análisis comparativo de la variabilidad de los datos registrados.

Tabla 2: Análisis comparativo de la variabilidad de los descriptores NPC y L90 dBA

Variación	NPC	L90
Promedio	31.4 dB	15.3 dB
Desviación Estándar	2,5 dB	1,9 dB

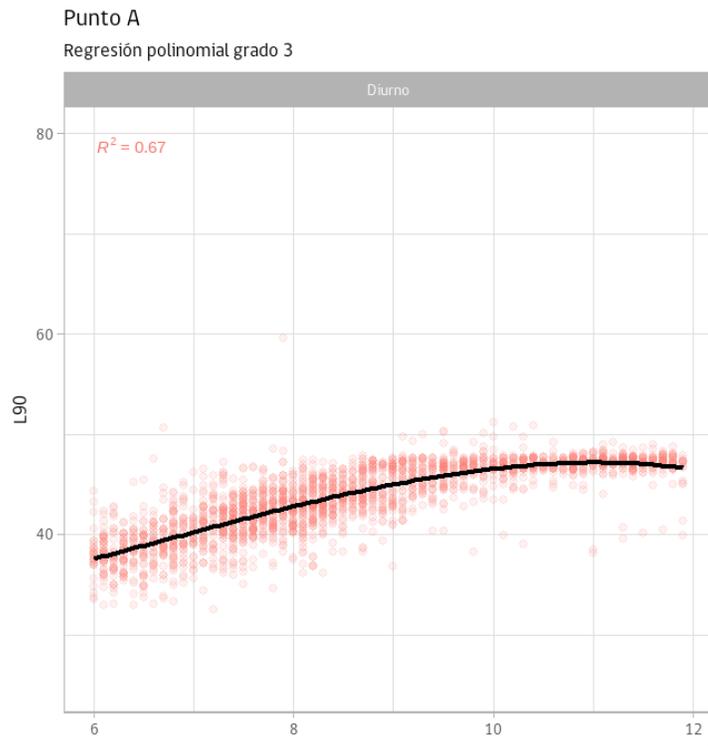
A partir de los resultados se evidencia que los rangos de variación disminuyen con el descriptor L90 dBA, lo que permite registrar los niveles de ruido generados por la fuente con un mayor grado de certeza. A partir de los datos analizados y en coherencia la naturaleza del L90, éste se reconoce como un descriptor adecuado para determinar mediante mediciones continuas y no asistidas los niveles de ruido generados por un parque eólico.

VI. CORRELACIÓN DE NIVELES DE RUIDO Y VELOCIDAD DE VIENTO

- Como se ha mencionado anteriormente el ruido generado por los parques eólicos depende de las condiciones atmosféricas, principalmente de la velocidad y dirección del viento.
- En este sentido las normativas internacionales basan la determinación y evaluación de los niveles de ruido en relación a la velocidad de viento en la cual se encuentre operando un parque eólico.

- La determinación de la emisión de ruido se obtiene mediante análisis estadísticos a través de la correlación de variables, que para este caso es entre la velocidad de viento a la altura de buje (variable independientes) y los niveles de ruido (variable dependiente) a una determinada velocidad de viento. Cabe indicar que el registro de los niveles de ruido debe realizarse de forma sincronizada temporalmente con el registro de velocidad de viento.
- Para realizar el análisis de correlación de datos se utiliza la relación lineal o polinómicas de las variables, dependiendo de la distribución de datos que se obtengan de las mediciones continuas. La determinación y representación de los niveles de ruido se manifiesta a través de una curva de correlación, la cual debe corresponder a la curva de mejor ajuste, de un orden considerado apropiado por el consultor. A partir de lo señalado, se podrá obtener una regresión polinómica (o lineal) de un orden fundado que represente la totalidad de las muestras, sobre lo cual se recomienda una correlación $R^2 \geq 0,6$
- A continuación, a modo de ejemplo se muestra un ejemplo grafico generado a partir de una regresión polinómica grado 3, en la cual se relacionan muestras de L90 dBA y velocidad de viento. El gráfico muestra cómo se representa el nivel de ruido a determinadas velocidades de viento mediante una curva de correlación.

Gráfico 3: Curva de correlación que determina el nivel de emisión de ruido



Considerando la variabilidad de niveles de ruido que generan los parques eólicos, las que depende de variables meteorológicas (especialmente el viento) y de las características específicas del parque, se reconoce que establecer un método estadístico de correlación (regresión) permite caracterizar con mayor certeza el nivel de ruido que genera este tipo de fuentes.

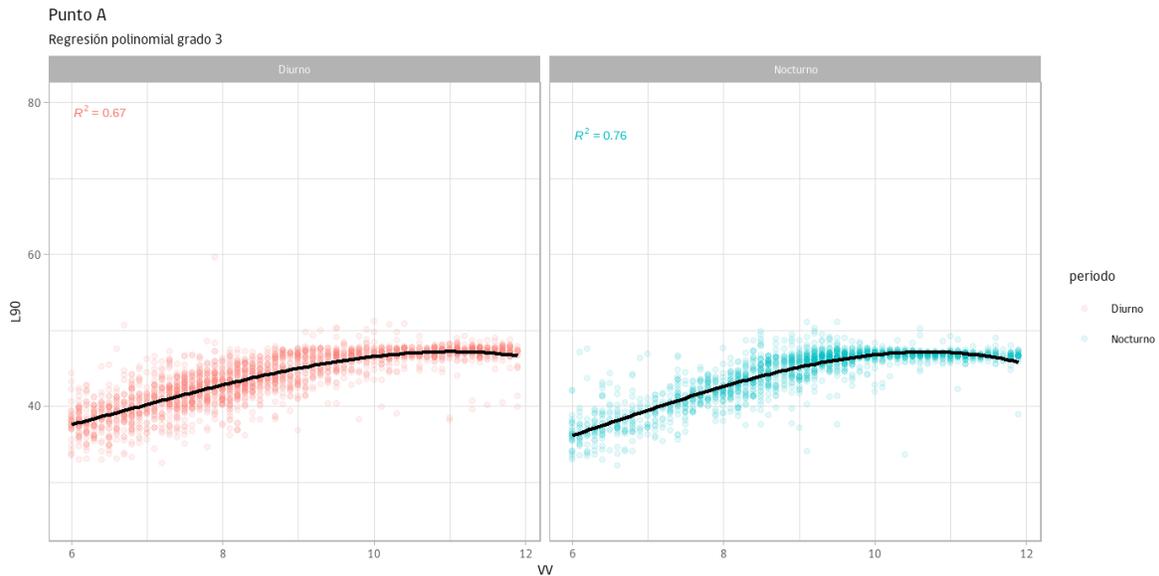
VII. PROPUESTA DE NUEVO MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE EMISIÓN DE RUIDO

- Para mediciones externas:
 - a) Realizar una caracterización de los niveles de ruido mediante monitoreo continuo tal como se recomienda en la “Guía para la Aplicación del D.S.38/11 del MMA para proyectos de Parque Eólicos en el Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental”.
 - b) Utilizar el L90 dBA de 10 minutos para obtener las muestras de niveles de ruido registradas mediante monitoreos continuos.
 - c) Registrar continuamente la velocidad de viento a la altura de buje del parque eólico sincronizada temporalmente con el registro del L90 dBA
 - d) Mediante análisis estadístico de regresión entre datos de velocidad de viento y L90 dBA se debe obtener una curva de regresión.
 - e) La curva de regresión determinará el valor de nivel de emisión de ruido según velocidad de viento.
 - f) Según el valor de correlación entre velocidad de viento y L90 dBA se podrá modelar
- En caso de mediciones interiores:
 - a) Se propone realizar 3 mediciones de 5 minutos ($NPS_{Aeq, 5m}$) en distintas posiciones para determinar el nivel de emisión de ruido. Esto último para ponderar posibles posiciones que coincidan con modos normales de ondas estacionarias al interior de edificaciones, tal como es actualmente considerado en la medición interna, con lo cual se evite la subestimación o sobre estimación del valor de nivel de emisión de ruido.
 - b) Los niveles de ruido siempre deberán indicar la velocidad de viento en la cual se encuentre operando el parque eólico al momento de realizar mediciones interiores.
 - c) Este nivel de emisión será corregido por ruido de fondo y por puertas, ventanas o vanos cerrados o abiertos, según corresponda para la obtención del NEC.
- Al igual que la normativa vigente, sólo en el caso que no sea posible caracterizar el nivel de emisión de ruido del Parque Eólico mediante mediciones, la propuesta considera la posibilidad de realizar proyecciones de niveles de ruido, según corresponda.

VIII. EJEMPLOS GRÁFICOS DE PROPUESTA

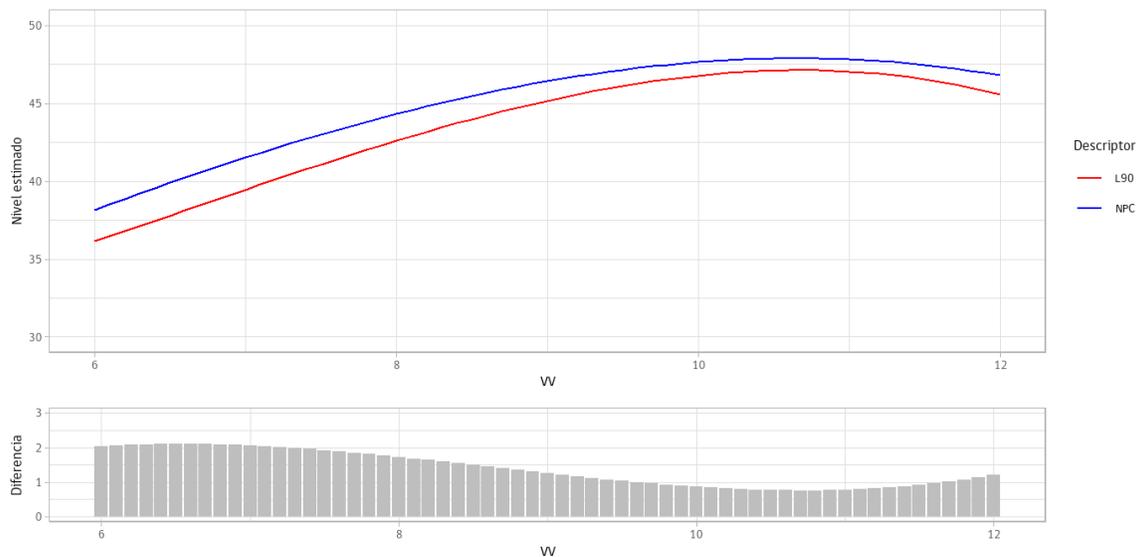
- A continuación se muestra un ejemplo para la determinación del nivel de emisión de ruido para periodo diurno y nocturno obtenido mediante mediciones externas.

Gráfico 4: Curva de correlación que determina el nivel de emisión de ruido para periodo diurno y nocturno.



- El siguiente gráfico muestra una comparación entre las curvas de correlación obtenidas de la regresión entre el NPC y velocidad de viento y el L90 dBA y Velocidad de viento.

Gráfico 5: Curvas de correlación obtenidas de NPC y L90 dBA.



Se observa que el método para determinar el nivel de ruido de un parque eólico propuesto no difiere significativamente de los valores obtenidos con el descriptor NPC (considerando datos atípicos), lo

PROCESO DE REVISIÓN D.S. N°38/11 MMA
Norma de Emisión de Ruidos Generados por Fuentes que Indica

que permite justificar que la modificación planteada presenta valores equivalentes a los actuales sin la necesidad de incorporar correcciones adicionales. Así, la propuesta no introduce un cambio de exigencia, sino que se optimiza la caracterización de las emisiones de ruido de la fuente, lo que está perfectamente alineado con el objetivo de revisión de la norma.