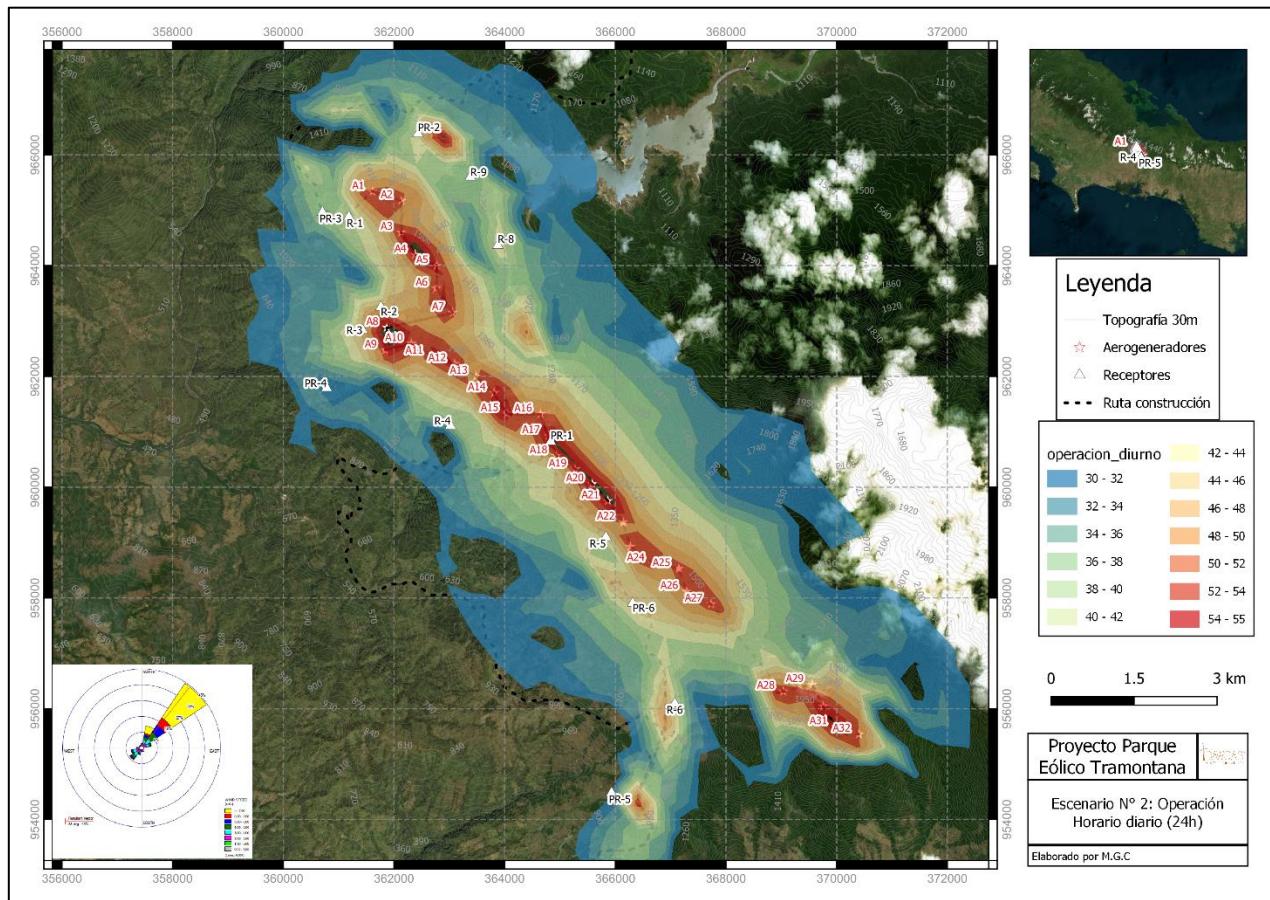


Proyecto Parque Eólico Tramontana Power

MODELACIÓN DE DISPERSIÓN SONORA



Diciembre, 2020

INDICE GENERAL

RESUMEN	
1.0 INTRODUCCION	6
1.1. Ubicación	6
2.0 OBJETIVOS	8
2.1. Objetivo general.....	8
2.2. Objetivos específicos.....	8
3.0 ALCANCES DEL ESTUDIO	8
4.0 CONDICIONES ACTUALES DE RUIDO AMBIENTAL.....	9
5.0 METODOLOGÍA	10
5.1. Receptores	10
5.2. Condiciones de frontera	12
5.3. Meteorología	12
5.4. Topografía	13
5.5. Fuentes de emisión (escenarios).....	15
5.7. Validación meteorológica.....	18
5.5. Validación de la atenuación de presión sonora desde la fuente	19
5.6. Criterios ambientales	20
6.0 RESULTADOS	21
6.1. Estado actual del ruido ambiental	21
6.2. Datos meteorológicos del modelo de dispersión	23
6.2.1. Velocidad	23
6.2.2. Temperatura	24
6.2.3. Humedad relativa	24
6.2.4. Lluvia	25
6.3. Validación de la estación meteorológica del modelo de dispersión	25
6.2.1. Velocidad del viento	25
6.2.2. Lluvia	26
6.2.3. Humedad relativa	27
6.4. Validación de la atenuación de presión sonora desde la fuente	28
6.4. Flujos de emisión	29
6.4.1. Escenario 1 (Construcción)	29
6.4.2. Escenario 2 (Operación).....	31
6.5. Escenarios ambientales	33
6.4.1. Escenario 1 (Construcción) – HORARIO DIURNO	33

6.4.2. Escenario 2 (Operación).....	39
7.0 Conclusiones.....	45

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Ubicación del proyecto.....	7
Figura 5-1: Ubicación de receptores	11
Figura 5-2: Topografía utilizada en el modelamiento.....	14
Figura 6-1: niveles de presión sonora EQUIVALENTE (L_{AEQT}) a condiciones actuales (Octubre, 2020)	21
Figura 6-2: niveles mínimos, máximos, promedios y percentiles 10 y 90 del ruido (Octubre, 2020) 23	23
Figura 6-3: Velocidad del viento (m/s) en el año 2019 – estación modelo (WRF)	23
Figura 6-4: Temperatura (°C) en el año 2019 – estación modelo (WRF)	24
Figura 6-5: Humedad relativa (%) en el año 2019 – estación modelo (WRF)	24
Figura 6-6: Humedad relativa (%) en el año 2019 – estación modelo (WRF)	25
Figura 6-7: validación del modelo – velocidad del viento	26
Figura 6-8: validación del modelo – lluvia acumulada	27
Figura 6-9: validación del modelo – humedad relativa.....	27
Figura 6-10: validación del modelo – atenuación de la distancia horizontal.....	28
Figura 6-11: validación del modelo – atenuación de la distancia horizontal.....	29

INDICE DE TABLAS

Tabla 4-1: Estaciones de muestreo de ruido ambiental	10
Tabla 5-1: Receptores identificados en el área del proyecto	10
Tabla 5-2: Valores promedio de factores meteorológicos en la estación cativa.....	12
Tabla 5-3: Equipos de construcción	15
Tabla 5-4: EMISION de equipos considerados como fuentes móviles – construcción	15
Tabla 5-5: EMISION de equipos considerados como fuentes lineales– construcción	16
Tabla 5-6: Equipos de operación	17
Tabla 5-7: EMISION de equipos considerados como fuentes móviles – operación.....	17
Tabla 5-8: EMISION de equipos considerados como fuentes de área – operación.....	17
Tabla 5-9: EMISION de equipos considerados como fuentes de área – operación.....	18
Tabla 5-10: Estaciones meteorológicas para validación del modelo de dispersión	18
Tabla 5-11: Estándares de ruido AMBIENTAL (ECA ruido) – D.E. N°1, gaceta oficial N°24970	20
Tabla 6-1: Niveles mínimos, máximos, promedios y percentiles 10 y 90 de ruido (octubre, 2020)22	22
Tabla 6-2: Niveles de presión sonora @ 0.1M en función al espectro de banda de octavas – escenario 1 (construcción)	30
Tabla 6-3: Niveles de presión sonora en la fuente @ 0.1m en función al espectro de banda de octavas – escenario 2 (operación)	32
Tabla 6-4: Aportes y concentraciones de ruido en horario diurno – escenario 1 (construcción- ACCESOS) 34	
Tabla 6-5: Aportes y concentraciones de ruido en horario diurno – escenario 1 (construcción-fundaciones)	36
Tabla 6-6: Aportes y concentraciones de ruido en horario diurno – escenario 1 (construcción- FUNDACIONES)	38
Tabla 6-7: Aportes y concentraciones de ruido en horario diurno – escenario 2 (operación)	40
Tabla 6-8: Aportes y concentraciones de ruido en horario nocturno – escenario 2 (operación) ...	42
Tabla 6-9: Aportes y concentraciones de ruido a lo largo del día – escenario 2 (operación)	44

RESUMEN

El objetivo del presente informe es mostrar los resultados del modelamiento de dispersión sonora producto de las actividades de construcción y operación en el área de emplazamiento del proyecto parque Eólico Tramontana Power (Proyecto) que se llevará a cabo en la provincia de Chiriquí, Panamá.

El Proyecto generará energía eléctrica de manera eficiente, segura y amigable al medio ambiente mediante la operación de 32 aerogeneradores de 5.0 MW de potencia instalada en cada aerogenerador. Los aerogeneradores se encontrarán ubicados en puntos óptimos y estratégicos previamente evaluados para la obtención de energía eléctrica por medio de la energía cinética del viento acorde a los resultados de optimización y auditoria energética del parque eólico Tramontana Power realizado por la empresa WINDTEC ENERGÍA mediante el documento EER1935.I001. A.1911117.

Se presenta los resultados de dos escenarios de modelamiento, el primero asociado a las actividades de construcción del Proyecto y el segundo asociado a las actividades de operación del Proyecto. Las fuentes de emisión consideradas en la etapa de construcción del Proyecto son la construcción de caminos de acceso, construcción de fundaciones y la instalación de los 32 aerogeneradores, mientras que las fuentes de emisión de la etapa de operación es la proveniente de los 32 aerogeneradores, y de la flota vehicular encargada del mantenimiento periódico del Proyecto.

Es importante precisar que la topografía es un factor importante en la modelación del ruido ambiental, en tal sentido para el presente informe se utilizó la altimetría del radar satelital SRTM30 el cual fue optimizado mediante la técnica de interpolación bilineal para obtener curvas de nivel de 30 metros de resolución espacial en el área de estudio.

La modelación se realizó mediante el software INoise V2020.0, el cual utiliza las ecuaciones de la norma ISO 9613 Atenuación de sonido en campo abierto recomendado por la Organización Internacional de Estandarización, mediante la utilización de frecuencia de octavas. La modelación consideró como condición de frontera la información meteorológica para la ciudad de David, proporcionada por Lakes Environmental.

El parámetro de modelamiento fue la presión sonora continua equivalente con ponderación A (L_{AeqT}) cuyos niveles fueron comparados con los criterios nacionales del Ministerio de Salud de Panamá según lo establecido en la normativa D.E. N°1 Gaceta Oficial 24970 del 15 de enero de 2004.

Los resultados del escenario 1 (construcción) muestran que, los niveles en la mayoría de los receptores en condiciones actuales excedieron los valores establecidos en los ECA ruido en horario diurno (60 dBA); en tal sentido los aportes del Proyecto durante la construcción generaron cambios entre 0.02 dBA y 10.03 dBA.

Los resultados del escenario 2 (operación) muestran que, los niveles en la mayoría de los receptores en condiciones actuales excedieron los valores

establecidos en los ECA ruido en horario diurno (60 dBA) y nocturno (50 dBA) a excepción de los receptores más cercanos al Proyecto (Valle Las Minas, Quijada del Diablo).

1.0 INTRODUCCION

1.1. Ubicación

El Proyecto se ubica en la ciudad de David, provincia de Chiriquí, Panamá, específicamente en la Reserva Forestal Fortuna, aledaña a los poblados de Hornito y Valle de las Minas, y al Rio Brazo de Hornito; siendo Valle de las Minas la más cercana al Proyecto.

En la Figura 1-1 se muestra la ubicación del Proyecto. Los códigos de los aerogeneradores del Proyecto fueron codificados desde A1 hasta A32, los cuales también se visualizan en la misma figura.

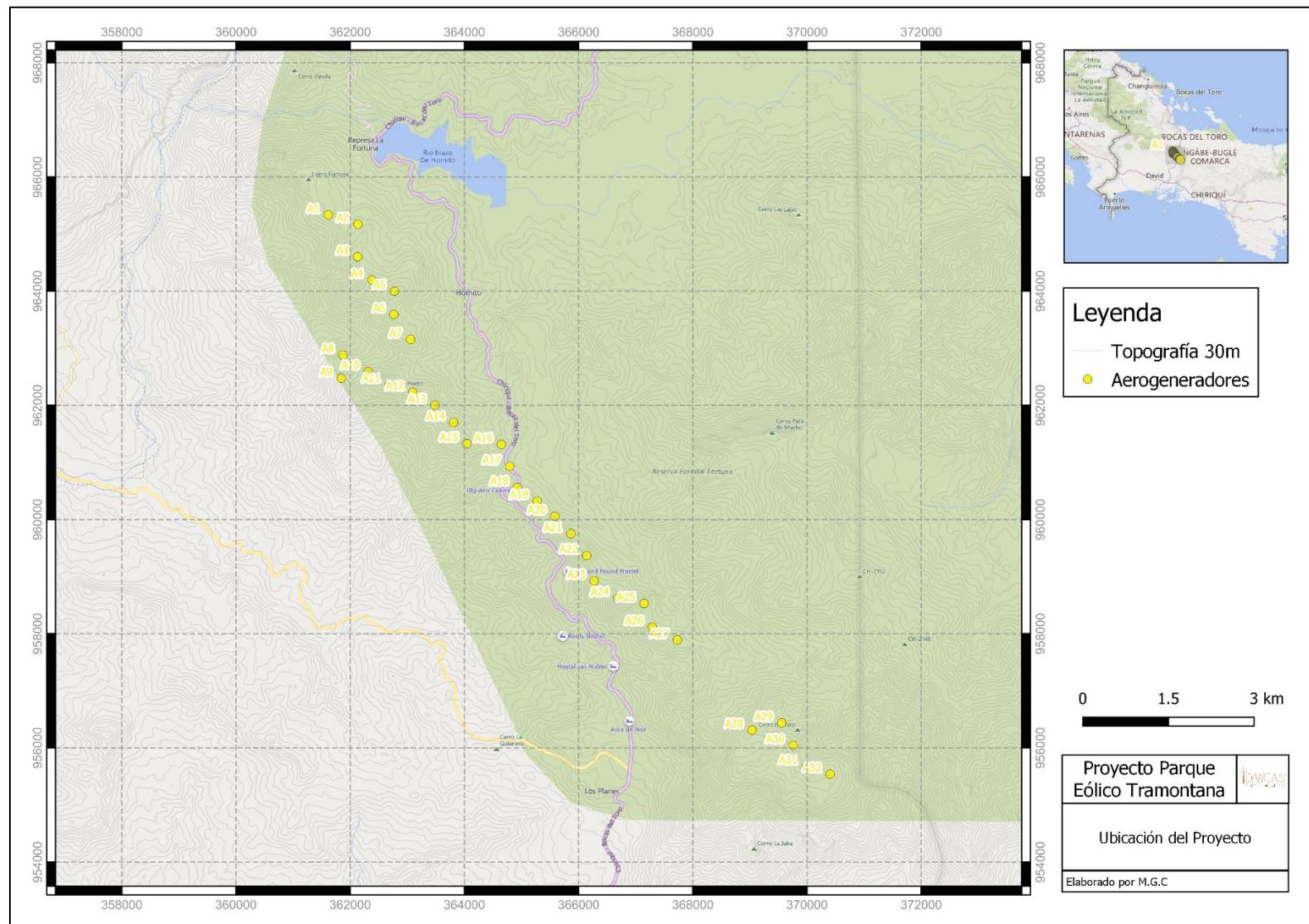


FIGURA 1-1: UBICACIÓN DEL PROYECTO

2.0 OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

El objetivo de este modelamiento es estimar la distribución horizontal y vertical de los niveles de ruido ambiental (L_{AeqT}) en el área de estudio y en receptores aledaños a las actividades de construcción y operación del Proyecto mediante la elaboración de dos escenarios ambientales asociados a la construcción y operación del Proyecto.

2.2. Objetivos específicos

- Modelar dos escenarios ambientales asociados a la construcción del Parque Eólico Tramontana Power que estarán asociados a las actividades de construcción y operación del Proyecto.
- Estimar los niveles de ruido ambiental (L_{AeqT}) en el área de estudio y en los receptores asociados a los escenarios ambientales mediante el modelo INoise V2020.0, basado en la norma internacional ISO 9613 con frecuencia de octavas;
- Comparar los resultados con los criterios nacionales del Ministerio de Salud de Panamá según lo establecido en la normativa D.E. N°1 Gaceta Oficial 24970 del 15 de enero de 2004, para el horario diurno y nocturno.

3.0 ALCANCES DEL ESTUDIO

- Revisión de la información disponible para caracterizar el estado actual del ruido ambiental;
- Identificación de las fuentes de emisión y de los receptores asociados a las actividades de construcción y operación del Proyecto;
- Revisión y procesamiento de las condiciones de frontera:
 - Procesamiento del viento mediante el software WRPLOT;
 - Procesamiento de la data topográfica mediante el QGIS;
 - Estimación de la presión sonora en la fuente de acuerdo a la información proporcionada del Proyecto y los cálculos del modelo INoise;

- Validación de la información del viento en el modelo obtenido de Lake Enviromental con dos estaciones que se encuentren en la misma escala meteorológica (escala local, radio 50km) y una misma altura respecto al nivel del mar provenientes de la Red Hidrometeorológica de Panamá (www.hidromet.com.pa);
- Validación de la acumulación de presión sonora en la fuente en base al modelo de dispersión INoise para las fuentes de tipo puntual y de área;
- Estimación de los niveles de presión sonora en horario diurno y horario nocturno en los receptores identificados a los alrededores del Proyecto y comparación de los niveles de ruido ambiental con los criterios ambientales nacionales aprobados Decreto Ejecutivo N°1, con gaceta oficial N° 24970 publicado el 15 de enero de 2004.
- Representación gráfica de la dispersión sonora de ruido ambiental (isófonas) en horario diurno y horario nocturno en los alrededores del Proyecto.

4.0 CONDICIONES ACTUALES DE RUIDO AMBIENTAL

El ruido ambiental en los alrededores del Proyecto, donde se está realizando las actividades de construcción, se encuentra influenciada por actividades antropogénicas del tipo residencial como por ejemplo tránsito vehicular y actividades turísticas y por ruido fondo proveniente del ecosistema natural proveniente de la fauna de la Reserva Forestal Fortuna.

Para caracterizar el estado actual del ruido ambiental en los alrededores del Proyecto, se utilizó la información de una campaña de muestreo, la primera llevada a cabo en octubre de 2002 ejecutado por la empresa Diseño, Construcción, Energía y Ambiente S.A. en donde se evaluaron 6 estaciones de muestreo de ruido ambiental por una hora de manera continua con frecuencia de una hora.

El parámetro evaluado fue la presión sonora continua equivalente con ponderación A (L_{AeqT}) estimado para un periodo de 15 minutos mediante la siguiente formula:

$$L_{AeqT} = 10 * \log_{10} \sum_{t=1}^{t=15min} 10^{\left(\frac{F_i}{10}\right)}$$

Así mismo, se realizó el análisis estadístico de los datos para obtener los niveles mínimos, máximos y percentiles 10 y 90.

En la Tabla 4-1 se presenta la ubicación de las estaciones de muestreo.

TABLA 4-1: ESTACIONES DE MUESTREO DE RUIDO AMBIENTAL

Estación	Coordenadas WGS84 ZONA 17N		Descripción	Fecha y Hora de medición
	Este	Norte		
PR-1	364831	960819	Cerro La Quijada del Diablo a 0.1 km del aerogenerador A1	13/10/2020 11:08 horas
PR-2	362432	966379	Central Hidroeléctrica Fortuna a 1.3 km del aerogenerador A1	14/10/2020 12:46 horas
PR-3	360705	964962	Viviendas en la Reserva Forestal Fortuna a 1.0 km del aerogenerador A1	14/10/2020 10:00 horas
PR-4	360781	961789	Localidad Peñas Blancas 1.3 km del aerogenerador A9	15/10/2020 11:13 horas
PR-5	365931	954478	Localidad Los Planes a 3.6 km del aerogenerador A28	15/10/2020 14:27 horas
PR-6	366313	957902	Localidad Valle de las Minas a 1.0 km del aerogenerador A26	13/10/2020 12:34 horas

Fuente: Elaboración propia

5.0 METODOLOGÍA

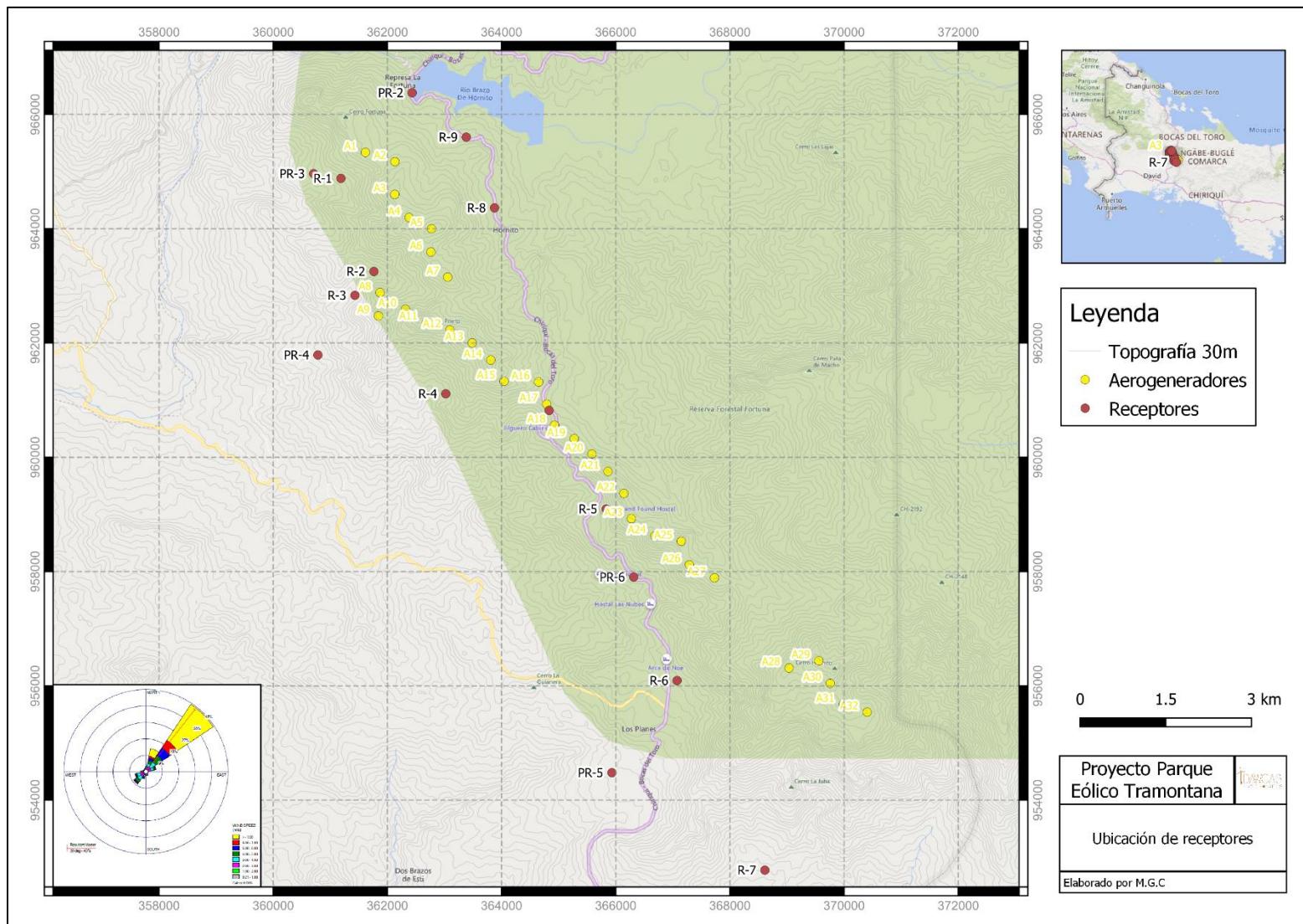
5.1. Receptores

Se identificaron 15 receptores ubicados en los alrededores del Proyecto, de los cuales 6 receptores corresponden a las estaciones de muestreo en donde se evaluó el ruido ambiental en octubre de 2020 y 9 receptores corresponden a viviendas localizadas cerca al Proyecto e identificadas por medio de Google Earth Pro. Los criterios para identificar los receptores fueron principalmente la dirección predominante del viento, la ubicación de las viviendas aledañas, las estaciones de muestreo y la distancia entre los aerogeneradores y las viviendas. Los datos de ubicación de los receptores identificados en los alrededores del Proyecto se presentan en la Tabla 5-1, los cuales se representan también en la Figura 5-1.

TABLA 5-1: RECEPTORES IDENTIFICADOS EN EL ÁREA DEL PROYECTO

RECEPTORES	Coordinada UTM WGS 84 – 17N	
	Este	Norte
PR-1	364831	960819
PR-2	362432	966379
PR-3	360705	964962
PR-4	360781	961789
PR-5	365931	954478
PR-6	366313	957902
R-1	361183	964880
R-2	361762	963251
R-3	361430	962832
R-4	363021	961110
R-5	365828	959094
R-6	367073	956091
R-7	368611	952773
R-8	363875	964364
R-9	363380	965602

Fuente: Elaboración propia



5.2. Condiciones de frontera

Las condiciones de frontera corresponden a la información requerida que se debe ingresar al modelo INoise V2020.0 para estimar los niveles de ruido en los receptores identificados y la distribución horizontal del ruido ambiental. Las condiciones de frontera se refieren a la siguiente información:

- Meteorología, la cual se detalla en la sección 5.3 del presente informe;
- Topografía, la cual se detalla en la sección 5.4 del presente informe;
- Flujos de emisión, la cual se detalla en la sección 5.5 del presente informe.

5.3. Meteorología

La meteorología utilizada fue proporcionada por Lakes Enviromental. Esta información fue estimada del modelo atmosférico regional de mesoescala “*Wheather Regional Regional*” (WRF), cercano al poblado de Valle de las Minas, en la ubicación del futuro aerogenerador A20, por estar ubicado al centro del dominio de la grilla del modelamiento. El WRF es un modelo atmosférico aceptado por la comunidad científica elaborado por el centro nacional de predicción ambiental (NCEP) y el centro de investigación de la atmósfera (NCAR), de los Estados Unidos (EEUU).

La información utilizada cuenta con datos horarios desde el 1 de enero hasta el 31 de diciembre de 2019, correspondiente a los parámetros de temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, las cuales se encuentran promediadas en una grilla de dimensiones 4km x 4km. Esta información se obtiene desde la página de Lakes Enviromental, www.weblakes.com/services/met_data.html.

Los valores promedio de los factores meteorológicos y la dirección predominante del viento en la estación Cativa se presentan en la Tabla 5-2.

TABLA 5-2: VALORES PROMEDIO DE FACTORES METEOROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN CATIVA

Estación	Año	Coordenada UTM WGS 84 – 17N		Vel. (m/s)	Dir. (°)	Temp. (°C)	Hum. Rel (%)
		Este	Norte				
Modelo (WRF)	2019	365582	960056	5.0	NE	18.8	91.7

Fuente: Elaboración Propia.

Fue necesario elaborar la rosa de viento para obtener los porcentajes de predominancia del viento en horario diurno y en horario nocturno, que luego será información útil para generar la dispersión sonora por horario de evaluación.

5.4. Topografía

Para el modelamiento de dispersión sonora, se utilizó la información de la NASA, específicamente de la Misión topográfica de Radar Shuttle (SRTM) en base a este radar se obtuvo elevaciones y depresiones del terreno con 30 metros de resolución espacial. Esta información se descargó mediante el software QGIS para luego ser procesado por el mismo programa, y así obtener las curvas de nivel cada 30 metros para contar con una buena resolución espacial de dispersión sonora y determinar la altura de los receptores considerados en el modelo.

En la Figura 5-2 se muestra la topografía del Proyecto.

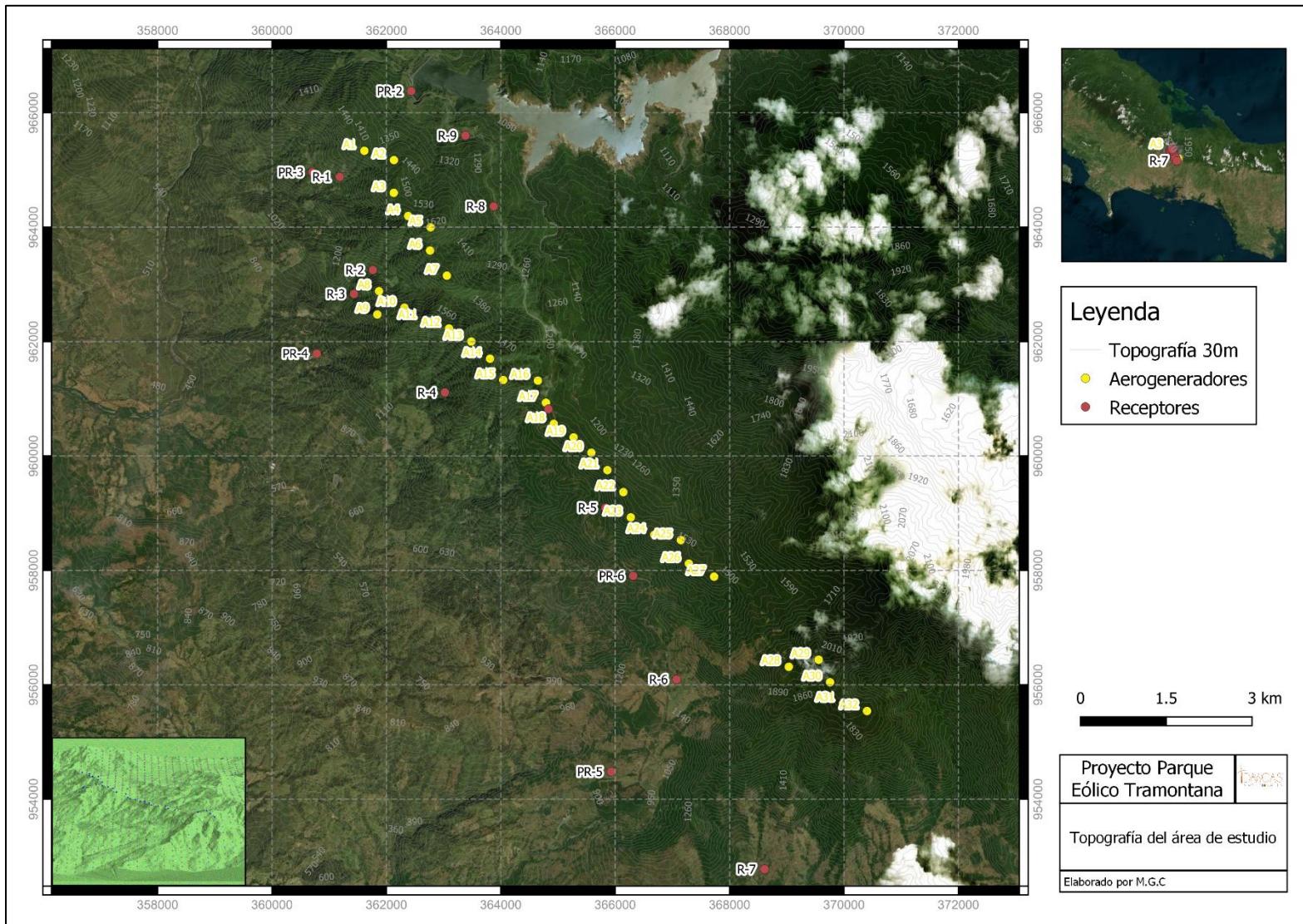


FIGURA 5-2: TOPOGRAFÍA UTILIZADA EN EL MODELAMIENTO

5.5. Fuentes de emisión (escenarios)

5.4.1. Escenario 1: Etapa de construcción

Este escenario está asociado al ruido generado por las maquinarias y equipos durante la construcción del Proyecto. En la Tabla 5-3 se presenta la lista de equipos utilizados en este escenario.

TABLA 5-3: EQUIPOS DE CONSTRUCCIÓN

Equipos de construcción	Cantidad por actividad		
	Accesos	Fundaciones	Instalación
Tractores D5 (Buldócer de 20 t)	2	2	2
Palas Mecánicas (Excavadoras de 25 t)	3	3	3
Camiones de transporte de material (30 t)	8	15	3
Cuchilla (3 t)	2	-	-
Cargadores (3 t)	2	-	-
Camiones cama baja para transporte de contenedores	4	6	-
Equipo rodante de compactación (aplanadora 15 t)	2	-	-
Camiones cisterna	9	-	-
Camionetas de doble tracción	7	-	-
Buses	2	-	-
Camión grúa	-	2	-
Cargador frontal	-	9	-
Retroexcavadora	-	4	-
Grúa telescopica de 600 t	-	-	2
Grúa de 1000 t	-	-	1

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones de ruido están divididas en dos tipos de fuentes que serán generadas por los equipos utilizados durante las actividades de construcción:

Fuentes móviles: Ruido generado por camiones utilizados para el transporte de materiales de construcción, contenedores con insumos, cisternas y camionetas para el transporte de personal y que se desarrollan principalmente en las vías existente nacionales con velocidades entre 40 Km/h a 60 Km/h. En la Tabla 5-4 se presentan las emisiones de ruido consideradas como fuentes móviles:

TABLA 5-4: EMISIÓN DE EQUIPOS CONSIDERADOS COMO FUENTES MÓVILES – CONSTRUCCIÓN

Ruta	Horas de actividad	Equipos	Equivalencia con base de datos de Inoise	Potencia (kW)	L_{AeqT} (dBA)@10m
Ruta 1 Ruta 2 Ruta 3 Ruta 4	11	Camiones de transporte de material (30 t)	Camión articulado de 29 t	250	108.20
	11	Camiones cama baja para transporte de contenedores	Camión rígido de 60 t	544	112.54
	11	Camiones cisterna	Camión articulado de 29 t	250	108.20
	11	Camionetas de doble tracción	Vehículo ligero	-	81.45
	11	Buses	Buses	-	102

Fuente: Elaboración propia

- Fuentes lineales: Ruido generado por la acumulación de equipos de construcción en un área definida (tractores, palas, cargadores, grúas, entre otros), considerados como de menor movilidad horizontal, es decir se mueven en línea recta entre cada aerogenerador del Proyecto. En la Tabla 5-5 se presentan las emisiones de ruido consideradas como fuentes de línea:

TABLA 5-5: EMISIÓN DE EQUIPOS CONSIDERADOS COMO FUENTES LINEALES– CONSTRUCCIÓN

Área	Horas de actividad	Equipos	Equivalencia con base de datos de Inoise	Potencia (kW)	L_{AeqT} (dBA)@10m
Área de parque eólico	11	Tractores D5 (Buldócer de 20 t)	Buldócer 24 t	134	111.21
	11	Palas Mecánicas (Excavadoras de 25 t)	Excavador 25 t	125	105.49
	11	Cuchilla (3 t)	Cortadora 125 bar	-	95.86
	11	Cargadores (3 t)	Tractor 11 t	82	106.55
	11	Equipo rodante de compactación (aplanadora 15 t)	Niveladora 25 t	205	114.51
	11	Camión grúa	Camión grúa 110 t	184	94.52
	11	Cargador frontal	Tractor 41 t	239	108.07
	11	Retroexcavadora	Retroexcavador 8 t	63	96.94
	11	Grúa telescópica de 600 t	Grúa telescópica 400 t	610	106.24
	11	Grúa de 1000 t	Grúa de pilotes	-	102.01

Fuente: Elaboración propia

- Fuente área: Ruido generado por los mismos equipos listados en la Tabla 5-5 pero concentrados en área críticas del Proyecto, principalmente asociados a la primera etapa del Proyecto, es decir para la habilitación de accesos. Para este fin se identificaron 3 frentes de trabajo con maquinarias de construcción:
 - Frente N° 1: Ubicados entre los aerogeneradores A1 y A7, asociado a la habilitación de accesos por zona de la Reserva de Fortuna.
 - Frente N° 2: Ubicados entre los aerogeneradores A16 y A22, asociado a la habilitación de accesos por la vía principal nacional Chiriquí – Bocas del Toro.
 - Frente N° 3: Ubicados entre los aerogeneradores A28 y A32, asociado a la habilitación de accesos hacia el cerro Hornito.

5.4.1. Escenario 2: Etapa de operación

El escenario de operación corresponde a la operación de los 32 aerogeneradores que operará los 365 días del año por 24 horas al día. Así mismo, se considera una inspección, verificación y mantenimiento mensual de los aerogeneradores, así como el transporte de personal. En la Tabla 5-6 se presentan los equipos de construcción considerados para el este escenario.

TABLA 5-6: EQUIPOS DE OPERACIÓN

Equipos de operación	Cantidad
Aerogeneradores Sienes Gamesa de 5.0 MW	32
Tractores D5 (Bulldócer de 20 t)	2
Palas Mecánicas (Excavadoras de 25 t)	3
Camiones para cableado	3
Camionetas de doble tracción	4
Buses	2
Grúa de 1000 t	1

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones sonoras durante la etapa de operación serán emitidas desde tres tipos de fuentes las cuales se describen a continuación:

- Fuente Móvil: Ruido generado por los camionetas y buses que circulan a lo largo de todo el Proyecto para la inspección, verificación y mantenimiento del Proyecto, así como el transporte de personal. En la Tabla 5-7 se presentan los equipos consideradas como fuentes de lineal:

TABLA 5-7: EMISIÓN DE EQUIPOS CONSIDERADOS COMO FUENTES MOVILES – OPERACIÓN

Ruta	Horas de actividad	Equipos	Equivalencia con base de datos de Inoise	Potencia (kW)	L_{AeqT} (dBA)@10m
Ruta 1 (Norte) y 2 (Sur)	24	Camionetas de doble tracción	Vehículo ligero	-	81.45
	24	Buses	Buses	-	102
Ruta 3 (Parque)	24	Camiones para cableado	Camión ligero 8 t Diésel	-	100.09

Fuente: Elaboración propia

- Fuente Lineal: Ruido generado por la acumulación de equipos de operación en un área definida (tractores, palas, grúa) considerados como de menor movilidad horizontal, es decir se mueven en línea recta entre cada aerogenerador del Proyecto. En la Tabla 5-8 se presentan los equipos consideradas como fuentes de área:

TABLA 5-8: EMISIÓN DE EQUIPOS CONSIDERADOS COMO FUENTES DE ÁREA – OPERACIÓN

Área	Horas de actividad	Equipos	Equivalencia con base de datos de Inoise	Potencia (kW)	L_{AeqT} (dBA)@10m
Parque eólico	24	Tractores D5 (Bulldócer de 20 t)	Bulldócer 24 t	134	111.21
	24	Palas Mecánicas (Excavadoras de 25 t)	Excavador 25 t	125	105.49
	24	Grúa de 1000 t	Grúa de pilotes	-	102.01

Fuente: Elaboración propia

- Fuentes puntuales: Ruido generado por los equipos estacionarios durante la operación del Proyecto (aerogeneradores). En la Tabla 5-9 se presentan los equipos consideradas como fuentes puntuales:

TABLA 5-9: EMISIÓN DE EQUIPOS CONSIDERADOS COMO FUENTES DE ÁREA – OPERACIÓN

Marca	Modelo	Presión sonora en (dBA) para cada banda de octavas (Hz)								
		31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
SIAMENS	SG132 5.0MW	73.70	86.80	92.70	96.40	96.60	99.00	98.50	91.80	76.50

Fuente: Elaboración propia

5.7. Validación meteorológica

Los parámetros meteorológicos de velocidad y dirección del viento son los parámetros más relevantes para estimar la distribución de ruido ambiental en receptores aledaños al Proyecto. Por ello, la información de velocidad y dirección del viento obtenida del modelo regional WRF (estación virtual) fue validada con la información de dos estaciones meteorológicas reales, ubicadas cerca del área de modelación (estación David y estación Paja de Sombrero). La estación David cuenta con registros diarios de velocidad, temperatura y precipitación para el periodo del 2019, mientras la estación Paja de Sombrero cuenta con registros mensuales de velocidad, temperatura, humedad y precipitación.

La estación del modelo WRF y las estaciones David y Paja de Sombrero se ubican en distintas ubicaciones geográficas, pero en una misma escala meteorológica (escala local, radio de 50 km) y a una misma altura respecto a nivel del mar, por lo que son representativas para una comparación de factores meteorológicos locales.

La ubicación de las estaciones reales y modeladas, así como los parámetros y los periodos que contienen, se presentan en la Tabla 5-10.

TABLA 5-10: ESTACIONES METEOROLÓGICAS PARA VALIDACIÓN DEL MODELO DE DISPERSIÓN

Estaciones	Coordinada UTM WGS 84 – 17N		Parámetros	Periodo (frecuencia)
	Este	Norte		
David ^(a)	342 726	928 438	Velocidad Temperatura Precipitación	2019 (diario)
Paja de sombrero ^(a)	355 579	957 487	Velocidad Temperatura Humedad relativa Precipitación	2019 (mensual)
WRF	365 582	960 056	Velocidad Dirección Temperatura Humedad relativa Precipitación Presión atmosférica	2019 (horario)

(a) Proporcionado por la Red Hidrometeorológica de Panamá (Hidromet.com.pa).

Fuente: Elaboración propia

La validación de los parámetros meteorológicos consistió en lo siguiente:

- Comparación de gráfica en base a la frecuencia diaria y mensual de las estaciones reales (David, Paja de sombrero) y la estación del modelo de dispersión (WRF)
- Correlación temporal de Pearson para estimar la afinidad de las series de tiempo entre las estaciones meteorológicas reales y la estación del modelo de dispersión WRF.

5.5. Validación de la atenuación de presión sonora desde la fuente

El modelo INoise V2020.0 posee librerías de fuentes sonoras como base de datos por defecto las cuales se emplearon para adaptar la presión sonora en cada uno de los equipos propuestos en base a su amplia librería de fuentes sonoras mediante el subprograma Source DB V2.02 especial para actividades energéticas como parques eólicos en cada escenario ambiental de evaluación. El modelo estima la fuente sonora automáticamente con cada equipo que se ingrese manualmente al sistema y luego los acumula en puntos o áreas según sea el tipo de fuente a emplear.

Para garantizar que la acumulación del ruido en el modelo INoise V2020.0 cumple con la ecuación teórica logarítmica de acumulación de la presión sonora en el aire, se realizó una validación de los resultados del modelo INoise en la fuente con la presión sonora en la fuente obtenida con la ecuación teórica.

La comparación de los resultados de la presión sonora se realizó a 1, 10, 100 y 1000 metros de la fuente empleando la siguiente ecuación de atenuación respecto a la distancia:

$$L_{AeqT} = L_f - 20 * \log_{10}\left(\frac{d}{d_f}\right)$$

Donde:

L_{AeqT} : Es la presión sonora atenuada a 1, 10, 100 y 1000 m;

L_f : Es la presión Sonora de una fuente simple (aerogenerador);

d : Es la distancia lineal entre la fuente y el receptor;

La comparación se realizó mediante una gráfica de barras en donde se calculó el obtener el factor de Pearson por medio de Microsoft Excel, tanto para distancia horizontal del receptor (2m) como a distancia vertical de la fuente, es decir distancia de instalación del aerogenerador (84 m). Para obtener la distancia lineal entre la fuente ubicado a 84 metros y el receptor (1, 10, 100, 1000 m) se aplicó la ecuación de Pitágoras ($D=x^2+y^2$).

5.6. Criterios ambientales

El modelo de dispersión estima las condiciones del ruido ambiental en los receptores. El parámetro seleccionado fue la presión sonora continua equivalente expresado en ponderación A (L_{AeqT}) en horario diurno y nocturno, cuyos niveles estimados fueron comparados con los Estandar de Calidad Ambiental (ECA) para ruido según la normatividad vigente de Panamá (Tabla 5-9).

TABLA 5-11: ESTÁNDARES DE RUIDO AMBIENTAL (ECA RUIDO) – D.E. N°1, GACETA OFICIAL N°24970

Parámetro (*)	Horario	Decibeles A (dBA)	Periodo
LAeqT	Diurno	60	06:00 – 21:59
LAeqT	Nocturno	50	22:00 – 05:59

(*) Aplicable para zona residencial e industrial

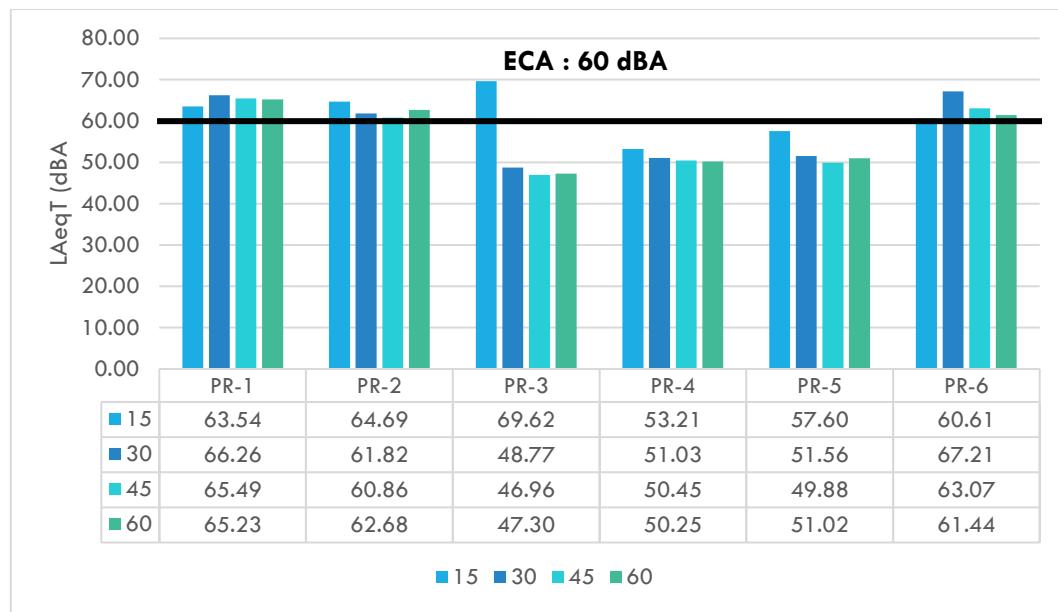
Fuente: Ministerio de Salud de Panamá, 2004.

6.0 RESULTADOS

6.1. Estado actual del ruido ambiental

Los mayores niveles de presión sonora L_{AeqT} en horario diurno variaron entre 46.96 dBA y 69.92 dBA excediendo el ECA ruido (60 dBA) en cuatro estaciones de medición: estación PR-1 (63.54 dBA, 66.26 dBA, 65.49 dBA y 65.23 dBA) ubicado Cerro La Quijada del Diablo a 0.1 km del aerogenerador A1, estación PR-2 (64.69 dBA, 61.82 dBA, 60.86 dBA y 62.68 dBA) ubicado en la Central Hidroeléctrica Fortuna a 1.3 km del aerogenerador A1, estación PR-3 (69.62 dBA) ubicada en viviendas en la Reserva Forestal Fortuna a 1.0 km del aerogenerador A1; y estación PR-6 (60.61 dBA, 67.21 dBA, 63.07 dBA y 61.44 dBA) ubicada en la localidad Valle de las Minas a 1.0 km del aerogenerador A26. Dichas excedencias estarían asociadas al tránsito vehicular local, ya que todas estas estaciones se encuentran cercanas a la carretera local.

En la Figura 6-1 se muestran los niveles de L_{AeqT} para los períodos de 15 min, 30 min, 45 min y 60 min en cada estación de evaluación.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 6-1: NIVELES DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE (L_{AeqT}) A CONDICIONES ACTUALES (OCTUBRE, 2020)

En la Tabla 6-1 y Gráfico 6-2 se muestra los resultados del análisis estadístico del ruido ambiental, en donde se evidencia que el comportamiento espacial de los registros de ruido L_{AeqT} se mantiene en el espacio, así como se muestra que el percentil 90 se ajusta bastante bien al promedio L_{AeqT} , lo que significa una variabilidad uniforme de los registros y por tanto garantiza una mayor representatividad del parámetro L_{AeqT} para el ruido ambiental del entorno del Proyecto. A continuación, se indican el rango de variación de cada parámetro estadístico:

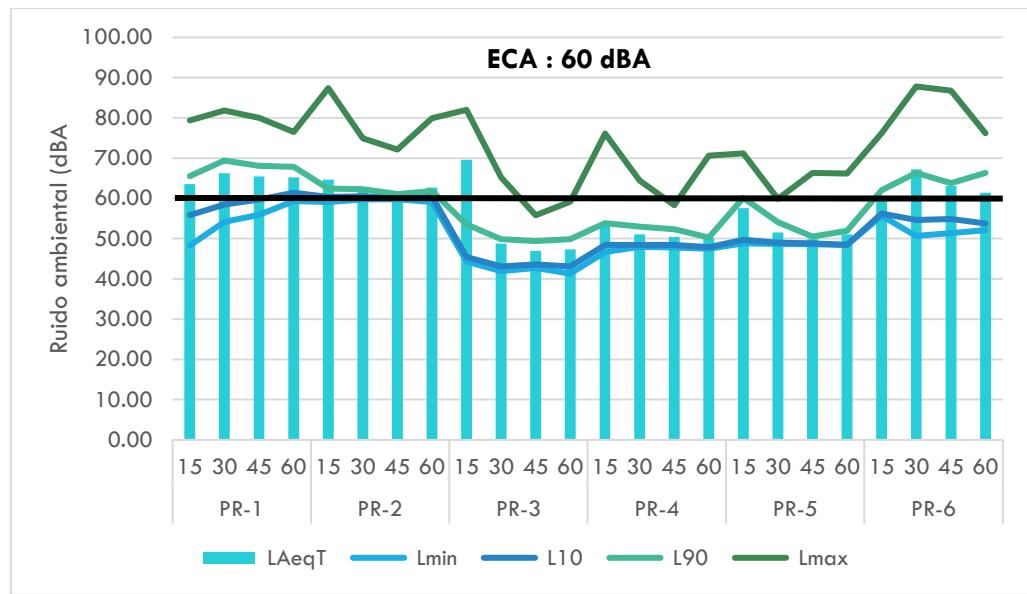
- Los niveles mínimos de ruido (L_{min}) variaron entre 41.30 dBA (PR-3, 60 min) y 59.80 dBA (PR-2, 30 min);

- Los niveles percentil 10 de ruido (L_{10}) variaron entre 43.10 dBA (PR-3, 60 min) y 61.40 dBA (PR-1, 60 min);
- Los niveles promedio de L_{AeqT} de ruido (L_{AeqT}) variaron entre 46.96 dBA (PR-3, 45 min) y 69.62 dBA (PR-3, 15 min);
- Los niveles percentil 90 de ruido (L_{90}) variaron entre 49.40 dBA (PR-3, 45 min) y 69.40 dBA (PR-1, 30 min);
- Los niveles máximos de ruido (L_{max}) variaron entre 55.80 dBA (PR-3, 45 min) y 87.80 dBA (PR-2, 15 min);

TABLA 6-1: NIVELES MINIMOS, MAXIMOS, PROMEDIOS Y PERCENTILES 10 Y 90 DE RUIDO (OCTUBRE, 2020)

Periodos de integración (min)	Lmin	L10	LAeqT	L90	Lmax
PR-1					
15	48.30	55.80	63.54	65.54	79.40
30	54.20	58.49	66.26	69.40	81.80
45	55.90	59.70	65.49	68.11	80.00
60	59.30	61.40	65.23	67.80	76.50
PR-2					
15	59.10	60.40	64.69	62.40	87.40
30	59.70	60.49	61.82	62.30	74.90
45	59.80	60.10	60.86	61.10	72.10
60	59.10	60.50	62.68	61.80	79.90
PR-3					
15	44.30	45.40	69.62	53.52	82.00
30	41.90	43.10	48.77	49.90	65.20
45	42.70	43.60	46.96	49.40	55.80
60	41.30	43.10	47.30	49.90	59.20
PR-4					
15	46.70	48.40	53.21	53.81	76.10
30	48.00	48.40	51.03	53.00	64.40
45	47.80	48.40	50.45	52.30	58.30
60	47.50	47.90	50.25	50.30	70.60
PR-5					
15	48.80	49.70	57.60	60.10	71.20
30	48.70	49.00	51.56	54.10	59.90
45	48.60	48.80	49.88	50.50	66.30
60	48.40	48.40	51.02	51.90	66.20
PR-6					
15	55.70	56.20	60.61	62.00	76.20
30	50.70	54.60	67.21	66.30	87.80
45	51.40	54.90	63.07	63.80	86.80
60	52.10	53.80	61.44	66.30	76.20

Fuente: Elaboración propia



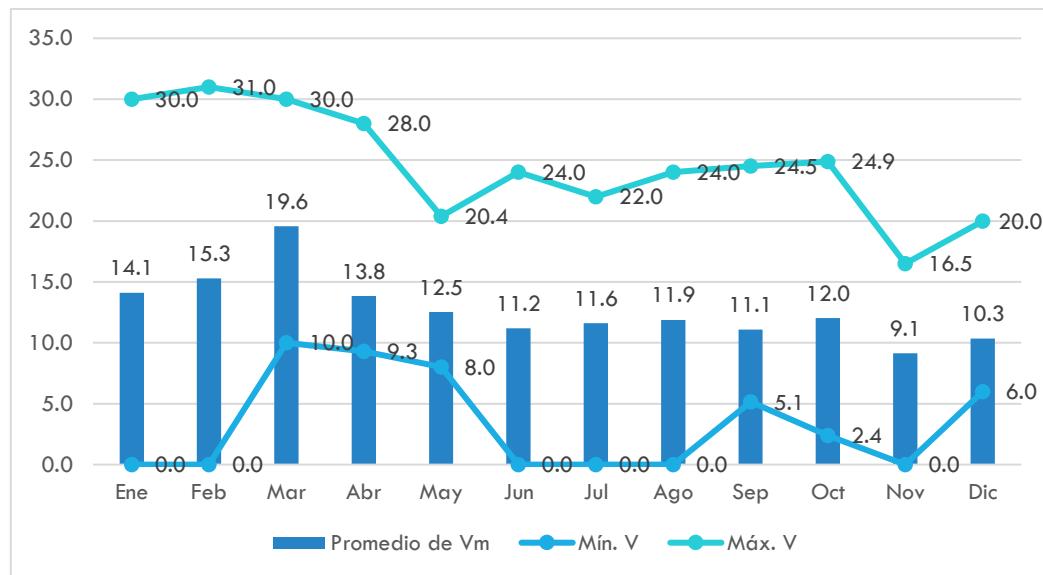
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 6-2: NIVELES MINIMOS, MAXIMOS, PROMEDIOS Y PERCENTILES 10 Y 90 DEL RUIDO (OCTUBRE, 2020)

6.2. Datos meteorológicos del modelo de dispersión

6.2.1. Velocidad

La velocidad del viento promedio mensual en la estación del modelo (WRF) tiene una variación de 9.1 m/s (noviembre) y 19.6 m/s (marzo), con un valor mínimo de 0 m/s en los meses de enero, junio, julio, noviembre, y máximo de 30 m/s en el mes de enero y marzo (Figura 6-3).

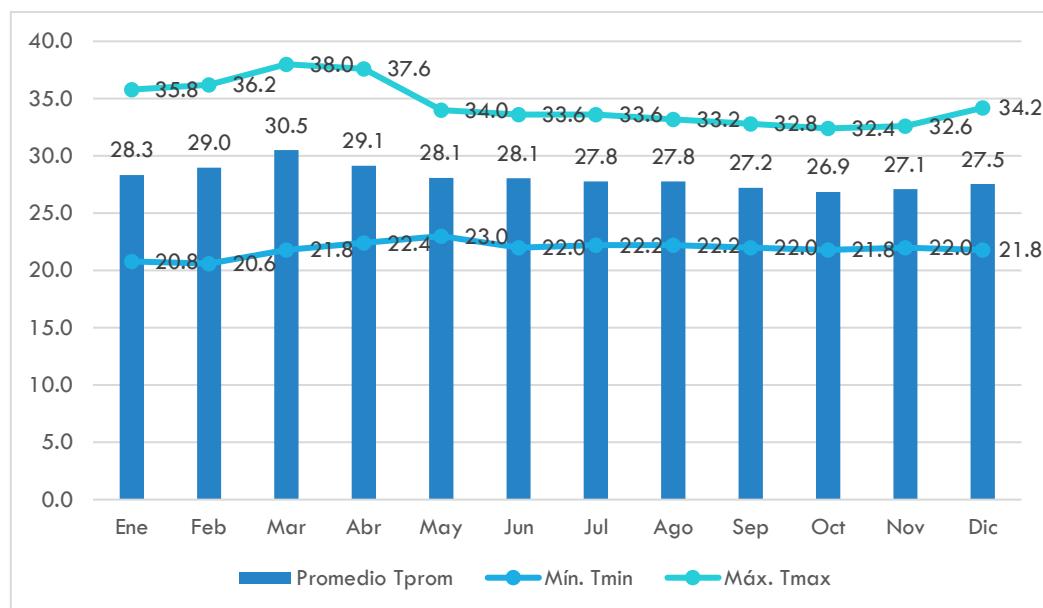


Fuente: Elaboración propia

FIGURA 6-3: VELOCIDAD DEL VIENTO (M/S) EN EL AÑO 2019 – ESTACIÓN MODELO (WRF)

6.2.2. Temperatura

La temperatura promedio mensual en la estación del modelo (WRF) tiene una variación de 26.9°C (octubre) y 30.5°C (marzo), con un valor mínimo de 20.6 °C en el mes de febrero y máximo de 38.0 °C en el mes de marzo (Figura 6-4).

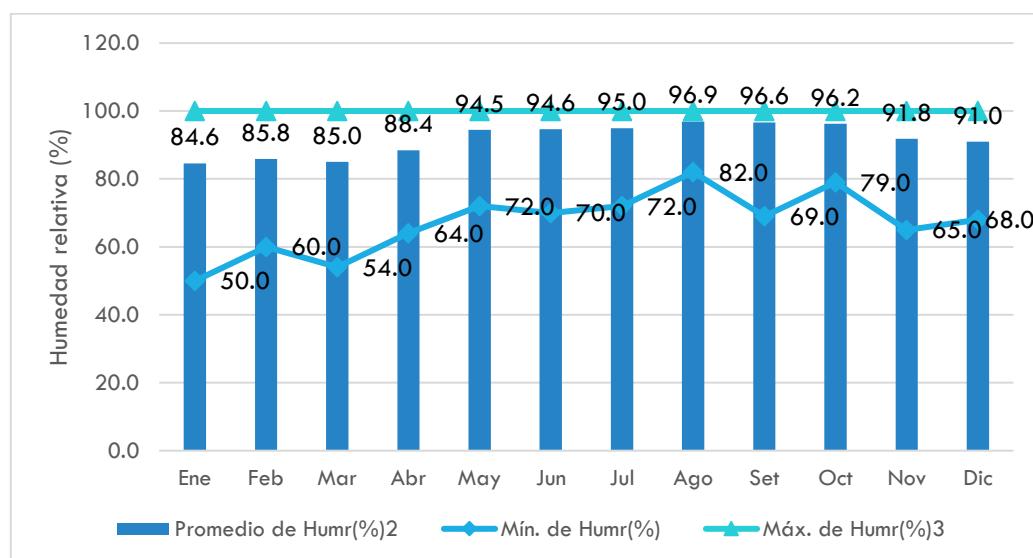


Fuente: Elaboración propia

FIGURA 6-4: TEMPERATURA (°C) EN EL AÑO 2019 – ESTACIÓN MODELO (WRF)

6.2.3. Humedad relativa

La humedad relativa promedio mensual en la estación del modelo (WRF) tiene una variación de 84.6 % (enero) y 96.9% (agosto), con un valor mínimo de 50 % en enero y máximo de 100% todos los meses del año (Figura 6-5).

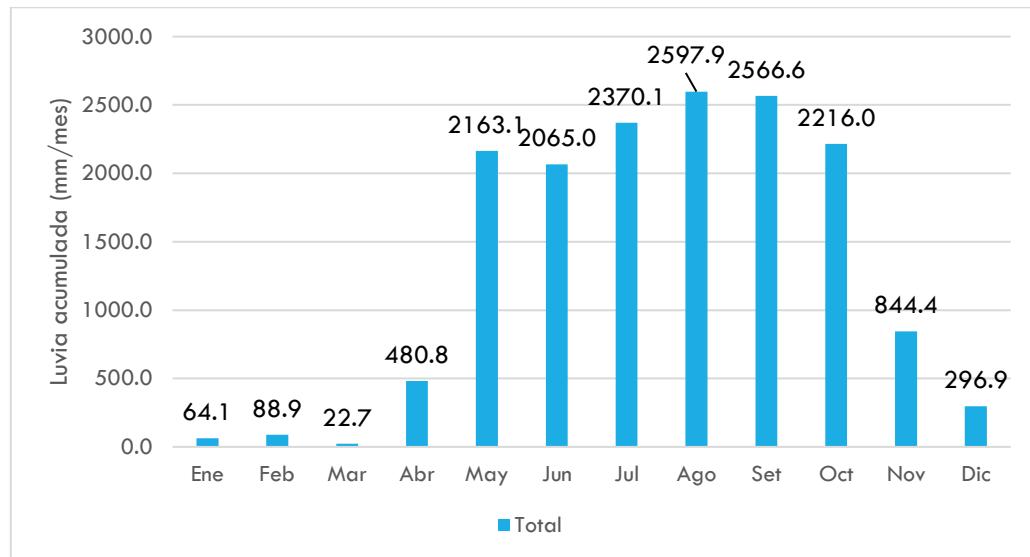


Fuente: Elaboración propia

FIGURA 6-5: HUMEDAD RELATIVA (%) EN EL AÑO 2019 – ESTACIÓN MODELO (WRF)

6.2.4. Lluvia

La lluvia acumulada mensual en la estación del modelo (WRF) tiene una variación de 22.7 mm (marzo) y 2597.9 (agosto) (Figura 6-6).



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 6-6: HUMEDAD RELATIVA (%) EN EL AÑO 2019 – ESTACIÓN MODELO (WRF)

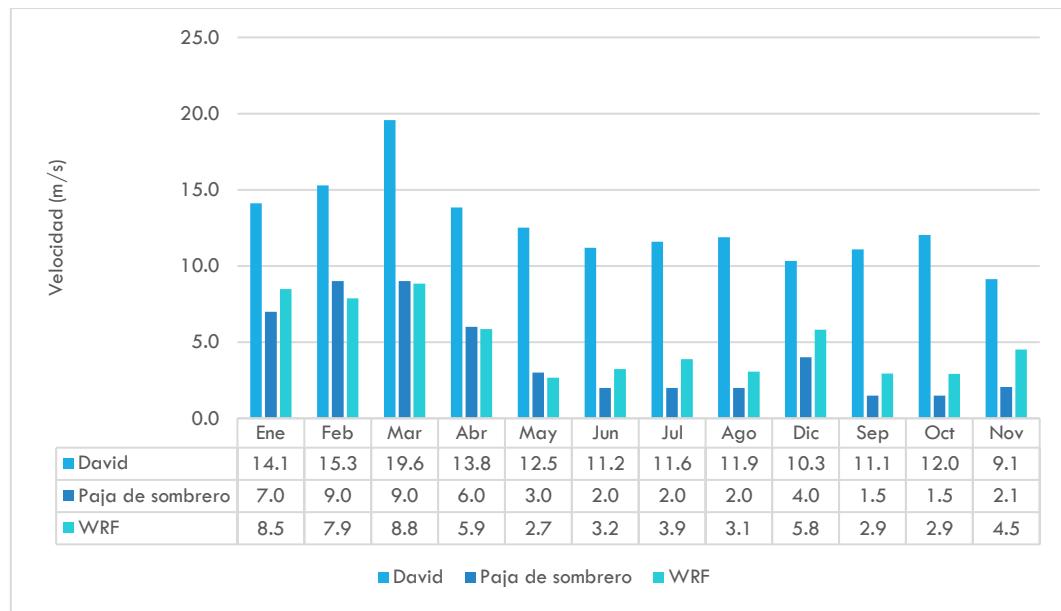
6.3. Validación de la estación meteorológica del modelo de dispersión

6.2.1. Velocidad del viento

En la Figura 6-7 se presenta las velocidades en las estaciones WRF, David y Paja de sombrero, estas dos últimas corresponden a estaciones reales obtenidas de la red hidrometeorológica de Panamá (hidromet.com.pa)

La velocidad del viento en la estación David y la estación del modelo (WRF) poseen una correlación temporal de 72% (0.72 Pearson), sin embargo, las magnitudes tienen una diferencia considerable ya que una es representativa de la costa (vientos más intensos, Estación David) y la otra de la sierra (Estación WRF) en tal sentido la mayor diferencia se encontró en marzo (+10 m/s).

La velocidad del viento en la estación Paja de Sombrero y la estación del modelo (WRF) poseen una correlación temporal de 94% (0.94 Pearson), así como las magnitudes que tienen una similitud, en tal sentido la mayor diferencia se encontró en noviembre (-2.46 m/s).



Fuente: Elaboración propia

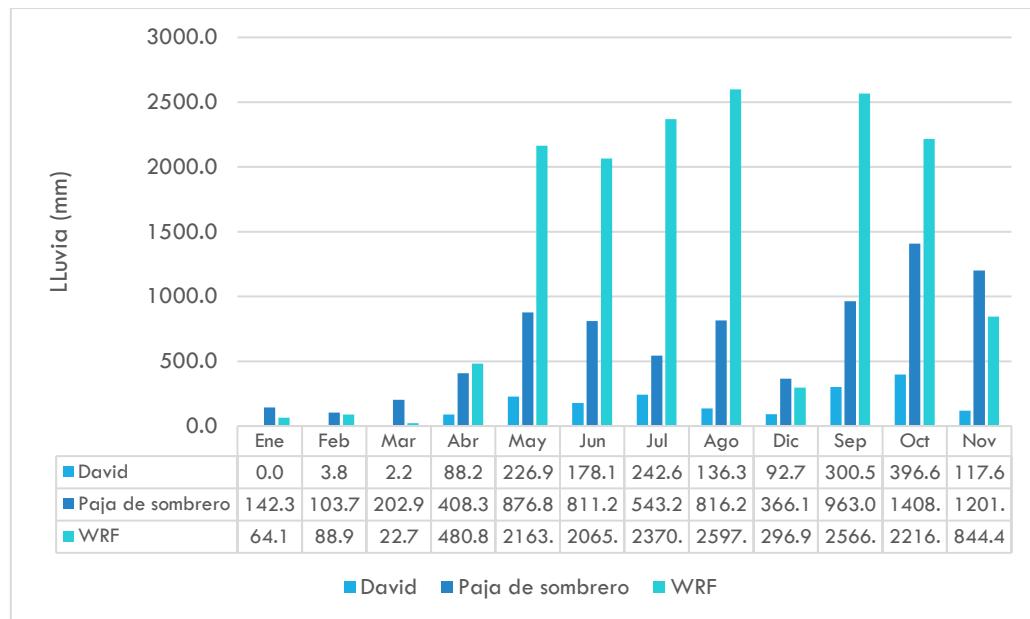
FIGURA 6-7: VALIDACIÓN DEL MODELO – VELOCIDAD DEL VIENTO

6.2.2. Lluvia

En la Figura 6-7 se presenta las lluvias acumuladas en las estaciones WRF, David y Paja de sombrero, estas dos últimas corresponden a estaciones reales obtenidas de la red hidrometeorológica de Panamá (hidromet.com.pa)

La lluvia acumulada en la estación David y la estación del modelo (WRF) poseen una correlación temporal de 84% (0.84 Pearson), sin embargo, las magnitudes tienen una diferencia considerable ya que una es representativa de la costa (poca lluvia, Estación David) y la otra de la sierra (lluvia intensa, Estación WRF) en tal sentido la mayor diferencia se encontró en agosto (-2462 mm).

La lluvia acumulada en la estación Paja de Sombrero y la estación del modelo (WRF) poseen una correlación temporal de 71% (0.71 Pearson), así como las magnitudes tiene una menor diferencia que con la estación anterior, en tal sentido la mayor diferencia se encontró en julio (-1827 mm).

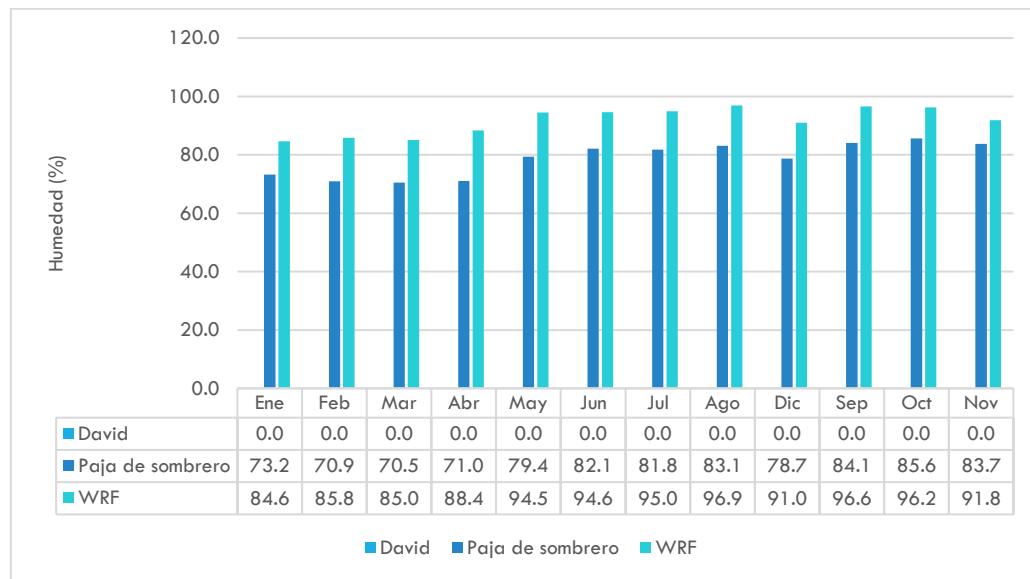


Fuente: Elaboración propia

FIGURA 6-8: VALIDACIÓN DEL MODELO – LLUVIA ACUMULADA

6.2.3. Humedad relativa

En la Figura 6-7 se presenta las lluvias acumuladas en las estaciones WRF y Paja de sombrero, estas dos últimas corresponden a estaciones reales obtenidas de la red hidrometeorológica de Panamá (*hidromet.com.pa*). La humedad relativa en la estación Paja de Sombrero y la estación del modelo (WRF) poseen una correlación temporal de 91% (0.91 Pearson), así como las magnitudes que tienen una similitud, en tal sentido la mayor diferencia se encontró en abril (-17.4 %).



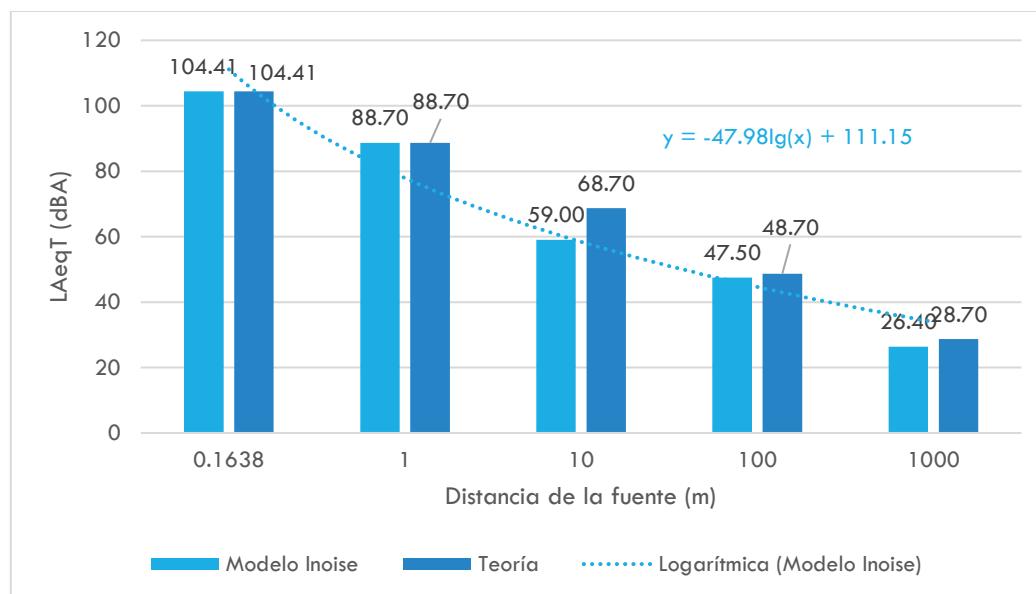
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 6-9: VALIDACIÓN DEL MODELO – HUMEDAD RELATIVA

6.4. Validación de la atenuación de presión sonora desde la fuente

Para la validación de la distancia horizontal, se tomó como referencia la fuente sonora más representativa del Proyecto que corresponde al aerogenerador marca Siamens modelo SG 132 de 5.0 MW de potencial, equivalente a una presión sonora de 104.41 dBA según el modelo INoise. Para validar en ruido en base a la distancia horizontal, se consideró que la fuente y el receptor se ubicaron a la misma altura respecto del suelo (2 m).

En la Tabla 6-10 se presenta la presión sonora L_{AeqT} del modelo INoise y la presión sonora L_{AeqT} de la ecuación logarítmica de atenuación con la distancia. Se puede observar que el patrón de atenuación es similar entre el modelo INoise y la ecuación teórica de atenuación lo cual se corrobora con una alta correlación de Pearson de 99% (0.9920 Pearson), lo que significa que el modelo INoise resuelve correctamente la atenuación de presión sonora sobre la distancia horizontal, particularmente cuando la distancia es de 0.1 m.

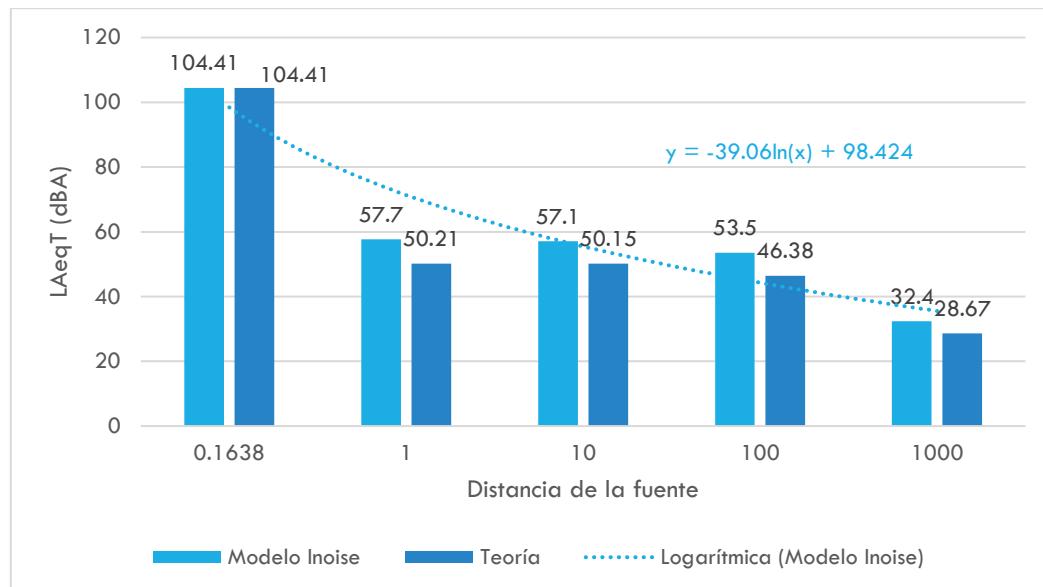


Fuente: Elaboración propia

FIGURA 6-10: VALIDACIÓN DEL MODELO – ATENUACIÓN DE LA DISTANCIA HORIZONTAL

Para la validación de la distancia vertical se tomó como referencia la fuente sonora más representativa del Proyecto que corresponde al aerogenerador marca Siamens modelo SG 132 de 5.0 MW de potencial, equivalente a una presión sonora de 104.41 dBA según el modelo INoise. Para validar en ruido en base a la distancia vertical, se consideró que la fuente se ubicó a 84 m del suelo (altura de instalación del aerogenerador) y el receptor a una altura respecto al suelo de 2 m.

En la Tabla 6-11 se presenta la presión sonora L_{AeqT} del modelo Inoise y la presión sonora L_{AeqT} de la ecuación logarítmica de atenuación con la distancia. Se puede observar que el patrón de atenuación es similar entre el modelo Inoise y la ecuación teórica de atenuación lo cual se corrobora con una alta correlación de Pearson de 99% (0.9962 Pearson), lo que significa que el modelo Inoise resuelve correctamente la atenuación de presión sonora sobre la distancia vertical particularmente cuando la distancia es de 0.1 m .



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 6-11: VALIDACIÓN DEL MODELO – ATENUACIÓN DE LA DISTANCIA HORIZONTAL

6.4. Flujos de emisión

6.4.1. Escenario 1 (Construcción)

En la Tabla 6-2 se presentan los resultados de la estimación de emisiones de cada fuente de modelamiento en el escenario 1 (construcción) con la norma ISO 9613, y que se utilizaron como datos de entrada al modelo INoise. A continuación, se precisan los principales resultados:

- Las emisiones de las fuentes lineales variaron entre 70.60 dBA (actividad instalación, 31 Hz) y 121.34 dBA (actividad accesos, 2000 Hz);
- Las emisiones de las fuentes móviles variaron entre 73.57 dBA (actividad instalación, 31 Hz) y 124.36 dBA (actividad fundación, 2000 HZ);
- Las emisiones de las fuentes de área variaron entre 80.74 dBA (Frentes de trabajo 1,2 y 3) y 121.34 dBA (Frentes 1, 2 y 3).
- Las emisiones de totales ponderadas $L_w @ 10 m$ de la fuente, consideradas como dato de entrada al modelo INoise, variaron entre 110 dBA (actividad instalación) y 123.16 dBA (actividad fundación).

TABLA 6-2: NIVELES DE PRESIÓN SONORA @ 0.1M EN FUNCIÓN AL ESPECTRO DE BANDA DE OCTAVAS – ESCENARIO 1 (CONSTRUCCIÓN)

Construcción		Nivel de presión Sonora @ 0.1 m de la fuente										Inoise		
Actividad	Tipo fuente	Banda de octavas (Hz)										LAeqT	Lw	
		31 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz				
Accesos	Lineal	80.74	93.94	104.04	111.54	116.94	120.14	121.34	121.14	119.04	120.14	127.13		
Fundación		78.40	91.60	101.70	109.20	114.60	117.80	119.00	118.80	116.70	117.80	124.79		
Instalación		70.60	83.80	93.90	101.40	106.80	110.00	111.20	111.00	108.90	110.00	116.99		
Accesos	Móvil	83.33	96.53	106.63	114.13	119.53	122.73	123.93	123.73	121.63	122.73	129.72		
Accesos - Frente 1	Área	80.74	93.94	104.04	111.54	116.94	120.14	121.34	121.14	119.04	120.14	127.13		
Accesos -Frente 2		80.74	93.94	104.04	111.54	116.94	120.14	121.34	121.14	119.04	120.14	127.13		
Accesos - Frente 3		80.74	93.94	104.04	111.54	116.94	120.14	121.34	121.14	119.04	120.14	127.13		

Fuente: Elaboración propia

6.4.2. Escenario 2 (Operación)

En la Tabla 6-3 se presenta los resultados de la estimación de emisiones de cada fuente de modelamiento en el escenario 2 (operación) con la norma ISO 9613, y que se utilizaron como datos de entrada al modelo INoise. A continuación, se precisan los principales resultados:

- Las emisiones de las fuentes móviles variaron entre 65.46 dBA (ruta 3, 31 Hz) y 106.9 dBA (rutas 1 y 2, 4000 Hz);
- Las emisiones de las fuentes lineales variaron entre 76.47 dBA (mantenimiento, 31 Hz) y 117.07 dBA (mantenimiento, 2000 Hz);
- Las emisiones de las fuentes de puntuales variaron entre 73.70 dBA (aerogeneradores) y 99.0 dBA (aerogeneradores).
- Las emisiones de totales ponderadas Lw @ 10 m de la fuente, consideradas como dato de entrada al modelo INoise, variaron entre 99.50 dBA (emisión de un solo aerogenerador) y 115.87 dBA (mantenimiento lineal).

TABLA 6-3: NIVELES DE PRESIÓN SONORA EN LA FUENTE @ 0.1M EN FUNCIÓN AL ESPECTRO DE BANDA DE OCTAVAS – ESCENARIO 2 (OPERACIÓN)

Operación		Banda de octavas (Hz)									Inoise	
		31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	LAeqT	Lw
Ruta 1	Móvil	65.69	78.89	88.99	96.49	101.89	105.09	106.29	106.09	103.99	105.09	112.08
Ruta 2		65.69	78.89	88.99	96.49	101.89	105.09	106.29	106.09	103.99	105.09	112.08
Ruta 3		65.46	78.66	88.76	96.26	101.66	104.86	106.06	105.86	103.76	104.86	111.85
Parque eólico	Lineal	76.47	89.67	99.77	107.27	112.67	115.87	117.07	116.87	114.77	115.87	122.86
Aerogeneradores	Puntual	73.70	86.80	92.70	96.40	96.60	99.00	98.50	91.80	76.50	99.50	106.49

Fuente: Elaboración propia

6.5. Escenarios ambientales

6.4.1. Escenario 1 (Construcción) – HORARIO DIURNO

A continuación, se presentan los resultados de modelamiento de dispersión sonora en tres sub-etapas: construcción de accesos, habilitación de fundaciones e instalación de aerogeneradores, desarrolladas exclusivamente en el horario diurno. Los mapas de dispersión se adjuntan en el Anexo 1-A.

6.4.1.1 Construcción de accesos

En la Tabla 6-4 se presentan los aportes y concentraciones de ruido ambiental en los horarios diurno para el escenario 1 asociado a la construcción de accesos, al respecto se puede observar que existieron algunas excedencias al ECA en horario diurno (60 dBA) debido principalmente a que los niveles a condiciones actuales ya los exceden, es decir al aporte local, existiendo la posibilidad de que los aportes de ruido ambiental provenientes del Proyecto los hagan exceder. Sin embargo, se necesita una diferencia neta, es decir un nivel de ruido proyectado menos condiciones actuales, de +6.49 dBA (R-1) y 10.03 dBA (PR-3), para que esto suceda. A continuación, se describen los principales resultados:

- Los aportes del modelo variaron entre 14.60 dBA (R-7) y 75.70 dBA (PR-1);
- La suma logarítmica (ruido proyectado) entre el aporte del modelo y las condiciones actuales varió entre 53.81 dBA (PR-4) y 76.61 dBA (PR-1);
- Las diferencias aritméticas entre el ruido del Proyecto y las condiciones actuales variaron entre 0.00 dBA (PR-4, R-7 y R-8) y 10.03 dBA (PR-3).

Se podría entonces decir que el receptor más impacto por el incremento de los niveles de ruido ambiental en el área del Proyecto es el receptor PR-3, ubicado en viviendas ubicadas en la Reserva Forestal Fortuna a 1.0 km del aerogenerador A1.

TABLA 6-4: APORTES Y CONCENTRACIONES DE RUIDO EN HORARIO DIURNO – ESCENARIO 1 (CONSTRUCCIÓN-ACCESOS)

Estaciones	Descripción	LAEQ T Diurno	LAEQ T Diurno	LAEQ T Diurno	Diferencias neta (C-A)	¿Excede el ECA (60 dBA) ?	¿Exedía ECA (60 dBA) antes del Proyecto?
		Condiciones actuales	Aporte Modelo	Total			
		(A)	(B)	(C=A+B) ^(a)			
PR-1	Cerro La Quijada del Diablo a 0.1 km del aerogenerador A1	69.40	75.70	76.61	7.21	Si	Si
PR-2	Central Hidroeléctrica Fortuna a 1.3 km del aerogenerador A1	62.30	45.60	62.39	0.09	Si	Si
PR-3	Viviendas en la Reserva Forestal Fortuna a 1.0 km del aerogenerador A1	53.52	63.10	63.55	10.03	Si	No
PR-4	Localidad Peñas Blancas 1.3 km del aerogenerador A9	53.81	22.30	53.81	0.00	No	No
PR-5	Localidad Los Planes a 3.6 km del aerogenerador A28	60.10	40.50	60.15	0.05	Si	Si
PR-6	Localidad Valle de las Minas a 1.0 km del aerogenerador A26	66.30	65.20	68.80	2.50	Si	Si
R-1	Vivienda local, entre PR-3 y aerogenerador A1	53.52	58.90	60.01	6.49	Si	No
R-2	Vivienda local, cerca de aerogenerador A8, y de PR-4	53.81	36.30	53.89	0.08	No	No
R-3	Vivienda local, cerca de aerogenerador A8, cerca de PR-4	53.81	34.30	53.86	0.05	No	No
R-4	Vivienda local, cerca de aerogenerador A15, cerca de PR-5	60.10	36.00	60.12	0.02	Si	Si
R-5	Vivienda local, cerca de aerogenerador A23, cerca de PR-6	66.30	51.00	66.43	0.13	Si	Si
R-6	Vivienda local, cerca de aerogenerador A28, cerca de PR-6	66.30	55.10	66.62	0.32	Si	Si
R-7	Vivienda local, cerca de aerogenerador A28, cerca de PR-6	66.30	14.60	66.30	0.00	Si	Si
R-8	Vivienda local, cerca de aerogenerador A5, represa fortuna	62.30	30.60	62.30	0.00	Si	Si

(a) Corresponde a una suma logarítmica basada en la ecuación $\text{suma}=10*\log (10^{f1/10} + 10^{f2/10})$, donde f1 y f2 son los niveles de ruido que se desean sumar.

Fuente: Elaboración propia

6.4.1.2. Preparación de fundaciones

En la Tabla 6-5 se presentan los aportes y concentraciones de ruido ambiental en los horarios diurno para el escenario 1 asociado a la habilitación de fundaciones, al respecto se puede observar que existieron algunas excedencias al ECA en horario diurno (60 dBA) debido principalmente a que los niveles a condiciones actuales ya los exceden, es decir debido al aporte local, existiendo la posibilidad de que los aportes de ruido ambiental provenientes del Proyecto los hagan exceder. Sin embargo, para la actividad de habilitación de fundaciones, el Proyecto no generará un cambio significativo en los niveles de condiciones actuales. A continuación, se describen los principales resultados:

- Los aportes del modelo variaron entre 4.30 dBA (PR-2 y R-7) y 55.40 dBA (PR-1);
- La suma logarítmica (ruido proyectado) entre el aporte del modelo y las condiciones actuales varió entre 53.52 dBA (R-1) y 69.57 dBA (PR-1);
- Las diferencias aritméticas entre el ruido del Proyecto y las condiciones actuales variaron entre 0.00 dBA (todos los receptores menos PR-1, R-2 y R-3) y 0.03 dBA (PR-1).

Se podría entonces decir que no existirá receptor impactado significativamente por las actividades de construcción asociadas a la habilitación de fundaciones.

TABLA 6-5: APORTES Y CONCENTRACIONES DE RUIDO EN HORARIO DIURNO – ESCENARIO 1 (CONSTRUCCIÓN-FUNDACIONES)

Estaciones	Descripción	LAEQ T Diurno	LAEQ T Diurno	LAEQ T Diurno	Diferencias (C-A)	¿Excede el ECA (60 dBA) ?	¿Exedía ECA (60 dBA) antes del Proyecto?
		Condiciones actuales	Aporte Modelo	Total			
		(A)	(B)	(C=A+B)			
PR-1	Cerro La Quijada del Diablo a 0.1 km del aerogenerador A1	69.40	55.40	69.57	0.17	Si	Si
PR-2	Central Hidroeléctrica Fortuna a 1.3 km del aerogenerador A1	62.30	7.40	62.30	0.00	Si	Si
PR-3	Viviendas en la Reserva Forestal Fortuna a 1.0 km del aerogenerador A1	53.52	9.10	53.52	0.00	No	No
PR-4	Localidad Peñas Blancas 1.3 km del aerogenerador A9	53.81	9.20	53.81	0.00	No	No
PR-5	Localidad Los Planes a 3.6 km del aerogenerador A28	60.10	9.00	60.10	0.00	Si	Si
PR-6	Localidad Valle de las Minas a 1.0 km del aerogenerador A26	66.30	20.30	66.30	0.00	Si	Si
R-1	Vivienda local, entre PR-3 y aerogenerador A1	53.52	18.80	53.52	0.00	No	No
R-2	Vivienda local, cerca de aerogenerador A8, y de PR-4	53.81	31.70	53.84	0.03	No	No
R-3	Vivienda local, cerca de aerogenerador A8, cerca de PR-4	53.81	28.20	53.82	0.01	No	No
R-4	Vivienda local, cerca de aerogenerador A15, cerca de PR-5	60.10	13.10	60.10	0.00	Si	Si
R-5	Vivienda local, cerca de aerogenerador A23, cerca de PR-6	66.30	19.00	66.30	0.00	Si	Si
R-6	Vivienda local, cerca de aerogenerador A28, cerca de PR-6	66.30	16.90	66.30	0.00	Si	Si
R-7	Vivienda local, cerca de aerogenerador A28, cerca de PR-6	66.30	4.30	66.30	0.00	Si	Si
R-8	Vivienda local, cerca de aerogenerador A5, represa fortuna	62.30	21.10	62.30	0.00	Si	Si

Fuente: Elaboración propia

6.4.1.3. Instalación de aerogeneradores

En la Tabla 6-6 se presentan los aportes y concentraciones de ruido ambiental en los horarios diurno para el escenario 1 asociado a la habilitación de fundaciones, al respecto se puede observar que existieron algunas excedencias al ECA en horario diurno (60 dBA) debido principalmente a que los niveles a condiciones actuales ya los exceden, es decir debido al aporte local, existiendo la posibilidad de que los aportes de ruido ambiental provenientes del Proyecto los hagan exceder. Sin embargo, para la actividad de instalación de aerogeneradores, el Proyecto no generará un cambio significativo de los niveles de condiciones actuales. A continuación, se describen los principales resultados:

- Los aportes del modelo variaron entre 0.0 dBA (R-7) y 47.60 dBA (PR-1);
- La suma logarítmica (ruido proyectado) entre el aporte del modelo y las condiciones actuales varió entre 53.52 dBA (PR-3) y 69.43 dBA (PR-1);
- Las diferencias aritméticas entre el ruido del Proyecto y las condiciones actuales variaron entre 0.00 dBA (todos los receptores menos PR-1, R-2 y R-3) y 0.03 dBA (PR-1).

Se podría decir entonces que, no existirá receptor impactado significativamente por las actividades de construcción asociadas a la instalación de los aerogeneradores.

TABLA 6-6: APORTES Y CONCENTRACIONES DE RUIDO EN HORARIO DIURNO – ESCENARIO 1 (CONSTRUCCIÓN-FUNDACIONES)

Estaciones	Descripción	LAEQ T Diurno	LAEQ T Diurno	LAEQ T Diurno	Diferencias (C-A)	¿Excede el ECA (60 dBA) ?	¿Exedía ECA (60 dBA) antes del Proyecto?
		Condiciones actuales	Aporte Modelo	Total			
(A)	(B)	(C=A+B)					
PR-1	Cerro La Quijada del Diablo a 0.1 km del aerogenerador A1	69.40	55.40	69.57	0.17	Si	Si
PR-2	Central Hidroeléctrica Fortuna a 1.3 km del aerogenerador A1	62.30	7.40	62.30	0.00	Si	Si
PR-3	Viviendas en la Reserva Forestal Fortuna a 1.0 km del aerogenerador A1	53.52	9.10	53.52	0.00	No	No
PR-4	Localidad Peñas Blancas 1.3 km del aerogenerador A9	53.81	9.20	53.81	0.00	No	No
PR-5	Localidad Los Planes a 3.6 km del aerogenerador A28	60.10	9.00	60.10	0.00	Si	Si
PR-6	Localidad Valle de las Minas a 1.0 km del aerogenerador A26	66.30	20.30	66.30	0.00	Si	Si
R-1	Vivienda local, entre PR-3 y aerogenerador A1	53.52	18.80	53.52	0.00	No	No
R-2	Vivienda local, cerca de aerogenerador A8, y de PR-4	53.81	31.70	53.84	0.03	No	No
R-3	Vivienda local, cerca de aerogenerador A8, cerca de PR-4	53.81	28.20	53.82	0.01	No	No
R-4	Vivienda local, cerca de aerogenerador A15, cerca de PR-5	60.10	13.10	60.10	0.00	Si	Si
R-5	Vivienda local, cerca de aerogenerador A23, cerca de PR-6	66.30	19.00	66.30	0.00	Si	Si
R-6	Vivienda local, cerca de aerogenerador A28, cerca de PR-6	66.30	16.90	66.30	0.00	Si	Si
R-7	Vivienda local, cerca de aerogenerador A28, cerca de PR-6	66.30	4.30	66.30	0.00	Si	Si
R-8	Vivienda local, cerca de aerogenerador A5, represa fortuna	62.30	21.10	62.30	0.00	Si	Si

Fuente: Elaboración propia

6.4.2. Escenario 2 (Operación)

6.4.2.1 Horario diurno

En la Tabla 6-7 se presentan los aportes del Proyecto del escenario 2 (Operación), respecto a la presión sonora continua equivalente (L_{AeqT}) en horario diurno. Los mapas de dispersión se adjuntan en el Anexo 1-B.

A continuación, los resultados encontrados:

- Los aportes de L_{AeqT} en horario diurno oscilaron entre 17.6 dBA (R-7) Vivienda local, cerca de aerogenerador A28, cerca de PR-6 y 53.90 dBA (PR-1) ubicado en Cerro La Quijada del Diablo a 0.1 km del aerogenerador A1;
- Las concentraciones totales de L_{AeqT} en horario diurno oscilaron entre 53.76 dBA (R-1) ubicada cerca de una vivienda local, entre PR-3 y aerogenerador A1 y 69.52 dBA (PR-1) ubicado en Cerro La Quijada del Diablo a 0.1 km del aerogenerador A1;
- Las diferencias entre las concentraciones totales de L_{AeqT} en horario diurno y las condiciones actuales, oscilaron entre 0.00 dBA (PR-5, R-6 y R-7) y 0.31 dBA (R-2) ubicado cerca de una vivienda local, cerca de aerogenerador A8, y de PR-4.

Es importante decir que, las excedencias al ECA ya existían antes del Proyecto, es decir durante condiciones actuales en horario diurno, en tal sentido el incremento de ruido ambiental se considera insignificante pues tendrá una variación menor a 3.0 dBA correspondiente al máximo nivel alcanzado cuando existen dos o más fuentes de la misma intensidad (ISO 1996-1:1982).

TABLA 6-7: APORTES Y CONCENTRACIONES DE RUIDO EN HORARIO DIURNO – ESCENARIO 2 (OPERACIÓN)

Estaciones	Descripción	LAEQ T Diurno	LAEQ T Diurno	LAEQ T Diurno	Diferencia (C-A)	¿Excede el ECA (60 dBA)?	¿Excedía ECA (60 dBA) antes del Proyecto?
		Condiciones actuales	Apote Modelo	Concentraci ones totales (C=A+B)			
(A)	(B)						
PR-1	Cerro La Quijada del Diablo a 0.1 km del aerogenerador A17	69.40	53.90	69.52	0.12	Si	Si
PR-2	Central Hidroeléctrica Fortuna a 1.3 km del aerogenerador A1	62.30	45.70	62.39	0.09	Si	Si
PR-3	Viviendas en la Reserva Forestal Fortuna a 1.0 km del aerogenerador A1	53.52	37.90	53.64	0.12	No	No
PR-4	Localidad Peñas Blancas 1.3 km del aerogenerador A9	53.81	28.70	53.82	0.01	No	No
PR-5	Localidad Los Planes a 3.6 km del aerogenerador A28	60.10	23.50	60.10	0.00	Si	Si
PR-6	Localidad Valle de las Minas a 1.0 km del aerogenerador A26	66.30	43.00	66.32	0.02	Si	Si
R-1	Vivienda local, entre PR-3 y aerogenerador A1	53.52	41.10	53.76	0.24	No	No
R-2	Vivienda local, cerca de aerogenerador A8, y de PR-4	53.81	42.50	54.12	0.31	No	No
R-3	Vivienda local, cerca de aerogenerador A8, cerca de PR-4	53.81	42.00	54.09	0.28	No	No
R-4	Vivienda local, cerca de aerogenerador A15, cerca de PR-5	60.10	33.40	60.11	0.01	Si	Si
R-5	Vivienda local, cerca de aerogenerador A23, cerca de PR-6	66.30	43.30	66.32	0.02	Si	Si
R-6	Vivienda local, cerca de aerogenerador A28, cerca de PR-6	66.30	33.70	66.30	0.00	Si	Si
R-7	Vivienda local, cerca de aerogenerador A28, cerca de PR-6	66.30	17.60	66.30	0.00	Si	Si
R-8	Vivienda local, cerca de aerogenerador A5, represa fortuna	62.30	42.90	62.35	0.05	Si	Si

Fuente: Elaboración propia

6.4.2.1 Horario nocturno

En la Tabla 6-8 se presentan los aportes del Proyecto del escenario 2 (Operación), respecto a la presión sonora continua equivalente (L_{AeqT}) en horario diurno. Los mapas de dispersión se adjuntan en el Anexo 1-B.

A continuación, los resultados encontrados:

- Los aportes de L_{AeqT} en horario nocturno oscilaron entre 18.60 dBA (R-7) Vivienda local, cerca de aerogenerador A28, cerca de PR-6 y 54.60 dBA (PR-1) ubicado en Cerro La Quijada del Diablo a 0.1 km del aerogenerador A1;
- Las concentraciones totales de L_{AeqT} en horario nocturno oscilaron entre 53.63 dBA (PR-3) ubicada cerca de viviendas en la Reserva Forestal Fortuna a 1.0 km del aerogenerador A1 y 69.54 dBA (PR-1) ubicado en Cerro La Quijada del Diablo a 0.1 km del aerogenerador A1;
- Las diferencias entre las concentraciones totales de L_{AeqT} en horario nocturno y las condiciones actuales, oscilaron entre 0.00 dBA (PR-5, R-6 y R-7) y 0.35 dBA (R-2) ubicado cerca de una vivienda local, cerca de aerogenerador A8, y de PR-4.

Es importante decir que, las excedencias al ECA ya existían antes del Proyecto, es decir durante condiciones actuales, en tal sentido el incremento de ruido ambiental se considera insignificante pues tendrá una variación menor a 3.0 dBA correspondiente al máximo nivel alcanzado cuando existen dos o más fuentes de la misma intensidad (ISO 1996-1:1982).

TABLA 6-8: APORTES Y CONCENTRACIONES DE RUIDO EN HORARIO NOCTURNO – ESCENARIO 2 (OPERACIÓN)

Estaciones	Descripción	LAEQ T Diurno		LAEQ T Diurno	Diferencia (C-A)	¿Excede el ECA (50 dBA)?	¿Excedía ECA (50 dBA) antes del Proyecto?
		Condiciones actuales (A)	Aporte Modelo (B)	Total (C=A+B)			
PR-1	Cerro La Quijada del Diablo a 0.1 km del aerogenerador A1	69.40	54.60	69.54	0.14	Si	Si
PR-2	Central Hidroeléctrica Fortuna a 1.3 km del aerogenerador A1	62.30	45.50	62.39	0.09	Si	Si
PR-3	Viviendas en la Reserva Forestal Fortuna a 1.0 km del aerogenerador A1	53.52	37.70	53.63	0.11	Si	Si
PR-4	Localidad Peñas Blancas 1.3 km del aerogenerador A9	53.81	29.10	53.82	0.01	Si	Si
PR-5	Localidad Los Planes a 3.6 km del aerogenerador A28	60.10	23.00	60.10	0.00	Si	Si
PR-6	Localidad Valle de las Minas a 1.0 km del aerogenerador A26	66.30	42.90	66.32	0.02	Si	Si
R-1	Vivienda local, entre PR-3 y aerogenerador A1	53.52	41.50	53.78	0.26	Si	Si
R-2	Vivienda local, cerca de aerogenerador A8, y de PR-4	53.81	43.10	54.16	0.35	Si	Si
R-3	Vivienda local, cerca de aerogenerador A8, cerca de PR-4	53.81	42.70	54.13	0.32	Si	Si
R-4	Vivienda local, cerca de aerogenerador A15, cerca de PR-5	60.10	34.20	60.11	0.01	Si	Si
R-5	Vivienda local, cerca de aerogenerador A23, cerca de PR-6	66.30	44.00	66.33	0.03	Si	Si
R-6	Vivienda local, cerca de aerogenerador A28, cerca de PR-6	66.30	33.90	66.30	0.00	Si	Si
R-7	Vivienda local, cerca de aerogenerador A28, cerca de PR-6	66.30	18.60	66.30	0.00	Si	Si
R-8	Vivienda local, cerca de aerogenerador A5, represa fortuna	62.30	42.40	62.34	0.04	Si	Si

Fuente: Elaboración propia

6.4.2.1 Aportes diarios (24 h)

En la Tabla 6-8 se presentan los aportes del Proyecto del escenario 2 (Operación), respecto a la presión sonora continua equivalente (L_{AeqT}) integrado en las 24 horas del día. Los mapas de dispersión se adjuntan en el Anexo 1-B.

A continuación, los resultados encontrados:

- Los aportes de L_{AeqT} en 24 h oscilaron entre 23.80 dBA (R-7) Vivienda local, cerca de aerogenerador A28, cerca de PR-6 y 59.80 dBA (PR-1) ubicado en Cerro La Quijada del Diablo a 0.1 km del aerogenerador A1;
- Las concentraciones totales de L_{AeqT} en 24 h oscilaron entre 53.86 dBA (PR-4) ubicada Localidad Peñas Blancas 1.3 km del aerogenerador A9 y 69.85 dBA (PR-1) ubicado en Cerro La Quijada del Diablo a 0.1 km del aerogenerador A1;
- Las diferencias entre las concentraciones totales de L_{AeqT} en 24 h y las condiciones actuales, oscilaron entre 0.00 dBA (PR-5 y R-7) y 1.1 dBA (R-2) ubicado cerca de una vivienda local, cerca de aerogenerador A8, y de PR-4.

Es importante decir que, las excedencias al ECA ya existían antes del Proyecto, es decir durante condiciones actuales, en tal sentido el incremento de ruido ambiental se considera insignificante pues tendrá una variación menor a 3.0 dBA correspondiente al máximo nivel alcanzado cuando existen dos o más fuentes de la misma intensidad (ISO 1996-1:1982).

TABLA 6-9: APORTES Y CONCENTRACIONES DE RUIDO A LO LARGO DEL DÍA – ESCENARIO 2 (OPERACIÓN)

Estaciones	Descripción	LAEQ T Diurno		LAEQ T Diurno	Diferencia (C-A)	¿Excede el ECA (50 dBA)?	¿Excedía ECA (50 dBA) antes del Proyecto?
		Condiciones actuales	Aporte Modelo	Total			
		(A)	(B)	(C=A+B)			
PR-1	Cerro La Quijada del Diablo a 0.1 km del aerogenerador A1	69.40	54.60	69.54	0.14	Si	Si
PR-2	Central Hidroeléctrica Fortuna a 1.3 km del aerogenerador A1	62.30	45.50	62.39	0.09	Si	Si
PR-3	Viviendas en la Reserva Forestal Fortuna a 1.0 km del aerogenerador A1	53.52	37.70	53.63	0.11	Si	Si
PR-4	Localidad Peñas Blancas 1.3 km del aerogenerador A9	53.81	29.10	53.82	0.01	Si	Si
PR-5	Localidad Los Planes a 3.6 km del aerogenerador A28	60.10	23.00	60.10	0.00	Si	Si
PR-6	Localidad Valle de las Minas a 1.0 km del aerogenerador A26	66.30	42.90	66.32	0.02	Si	Si
R-1	Vivienda local, entre PR-3 y aerogenerador A1	53.52	41.50	53.78	0.26	Si	Si
R-2	Vivienda local, cerca de aerogenerador A8, y de PR-4	53.81	43.10	54.16	0.35	Si	Si
R-3	Vivienda local, cerca de aerogenerador A8, cerca de PR-4	53.81	42.70	54.13	0.32	Si	Si
R-4	Vivienda local, cerca de aerogenerador A15, cerca de PR-5	60.10	34.20	60.11	0.01	Si	Si
R-5	Vivienda local, cerca de aerogenerador A23, cerca de PR-6	66.30	44.00	66.33	0.03	Si	Si
R-6	Vivienda local, cerca de aerogenerador A28, cerca de PR-6	66.30	33.90	66.30	0.00	Si	Si
R-7	Vivienda local, cerca de aerogenerador A28, cerca de PR-6	66.30	18.60	66.30	0.00	Si	Si
R-8	Vivienda local, cerca de aerogenerador A5, represa fortuna	62.30	42.40	62.34	0.04	Si	Si

Fuente: Elaboración propia

7.0 CONCLUSIONES

En general, los aportes del Proyecto no alteraran considerablemente las condiciones actuales de ruido ambiental, sobre todo la etapa de operación del Proyecto, lo que garantiza ser un Proyecto sustentable con el medio ambiente, en particular con el ruido ambiental. A continuación, se precisan una conclusión importante del presente estudio:

- El ruido ambiental acumulado o proyectado en los receptores aledaños al Proyecto variará entre 53.52 dBA (horario diurno, etapa construcción, actividades de instalación de aerogeneradores) y 76.61 dBA (horario diurno, etapa de construcción, actividades de construcción de accesos);
- El incremento de ruido ambiental asociado a las actividades del Proyecto no serán significativos (<3.0 dBA, ISO 1996-1:1982) en los receptores aledaños, excepto durante la etapa construcción por las actividades de construcción de accesos del Proyecto (incremento de +10 dBA en el receptor R-3), no obstante, será por un periodo de tiempo limitado mientras duren estas actividades de construcción de ciertas actividades asociadas a la maquinaria listada en la Tabla 5-3 (accesos), para que luego las condiciones actuales de ruido ambiental retornen a sus niveles base.

ANEXOS

