

## ÍNDICE

6.0	<b>DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO.....</b>	<b>6-5</b>
6.1	Formaciones geológicas regionales .....	6-5
6.1.2	Unidades geológicas locales.....	6-10
6.1.3	Caracterización geotécnica.....	6-12
6.2	Geomorfología.....	6-19
6.3	Características del suelo .....	6-19
6.3.1	La descripción del uso del suelo .....	6-20
6.3.2	Deslinde de la propiedad .....	6-21
6.3.3	Capacidad de uso y aptitud.....	6-22
6.4	Topografía .....	6-25
6.4.1	Mapa topográfico o plano, según área de desarrollar a escala 1: 50,000.....	6-25
6.5	Clima .....	6-1
6.6	Hidrología.....	6-12
6.6.1	Calidad de las aguas superficiales .....	6-12
6.6.1.a.	Caudales máximos, mínimos y promedio anual.....	6-4
6.6.1.b.	Corrientes, mareas y oleajes .....	6-11
6.6.2	Aguas Subterráneas.....	6-12
6.6.2.a.	Identificación del acuífero .....	6-12
6.7	Calidad del Aire .....	6-12
6.7.1	Ruido y vibraciones .....	6-18
6.7.2	Olores .....	6-23
6.8	Antecedentes sobre la Vulnerabilidad Frente a Amenazas Naturales en el Área.....	6-24
6.9	Identificación de los sitios propensos a inundaciones .....	6-25
6.10	Identificación de los Sitios Propensos a Erosión y Deslizamientos .....	6-26

---

## Índice de Tablas

Tabla 6-1: Contexto estructural y Regiones Morfo estructurales del área del proyecto .....	6-9
Tabla 6-2: Geología local en el emplazamiento del proyecto.....	6-11
Tabla 6-3: Sitios de muestreo del área de interés .....	6-13
Tabla 6-4: Clasificación de los suelos en el área del proyecto.....	6-23
Tabla 6-5.: Capacidad de uso de los suelos en área de proyecto.....	6-24
Tabla 6-6: Precipitación (mm) mensual, año-2019 .....	6-4
Tabla 6-7: Temperatura Promedio Mensual Anual, Máxima y Mínima (°C).....	6-6
Tabla 6-8: Humedad Relativa Promedio, Máximos y Mínimos. ....	6-8
Tabla 6-9: Velocidad Mensual Promedio del Viento (m/s )- .....	6-10
Tabla 6-10: Ubicación de las estaciones de muestreo de calidad de agua superficial.....	6-14
Tabla 6-11: Resultados del Monitoreo de Calidad de Aguas Superficiales.....	6-1
Tabla 6-12: Características más importantes de las estaciones de aforo. ....	6-5
Tabla 6-13: Caudales promedio anuales m <sup>3</sup> /s, estaciones de aforo, subcuenca del río Chiriquí	6-6
Tabla 6-14: Balance hídrico superficial en la cuenca del río Chiriquí hasta La Esperanza...	6-7
Tabla 6-15: Análisis regional de Crecidas Máximas. Zonas hidrológicamente homogéneas	6-10
Tabla 6-16: Factores para diferentes periodos de retorno en años .....	6-11
Tabla 6-17: Ubicación de puntos de muestreo de calidad de aire (Material Particulado)..	6-13
Tabla 6-18: Resultados del contenido de gases en el aire.....	6-14
Tabla 6-19: Ubicación de puntos de muestreo de gases contaminantes .....	6-16
Tabla 6-20: Resultados de monitoreo de gases .....	6-16
Tabla 6-21: Ubicación de puntos de medición de ruido ambiental .....	6-18
Tabla 6-22: Resultados mediciones de ruido ambiental .....	6-20
Tabla 6-23: Ocurrencia de Eventos El Niño y La Niña .....	6-26

## Índice de Figuras

Figura 6-1: Placas tectónicas y ubicación del bloque de Panamá .....	6-7
Figura 6-2: Panorámica de bloques en la ladera del Cerro Hornito. ....	6-8
Figura 6-3: Panorámica de cerros desde Hornito. ....	6-9
Figura 6-4: Geología en el emplazamiento del proyecto .....	6-11
Figura 6-5: Ubicación de sitios de muestreos .....	6-12
Figura 6-6: Afloramiento de roca meteorizada en el sitio S-7. ....	6-14
Figura 6-7: Conformación de cristales por alteración mineralógica .....	6-16
Figura 6-8: Afloramientos de roca meteorizada en el sitio S-2 y sitio S-5 .....	6-17
Figura 6-9: Panorámica del talud en la margen derecha de la Represa de Fortuna.....	6-18
Figura 6-10: Mapa de uso de suelo.....	6-23
Figura 6-11: Mapa topográfico del Proyecto .....	6-1
Figura 6-12: Clima en el área del proyecto .....	6-3
Figura 6-13: Isoyetas en área de proyecto .....	6-4
Figura 6-14: Velocidad del viento, sitio de proyecto .....	6-11
Figura 6-15: Rosa de vientos para los datos meteorológicos de Lakes Enviromental, 2019.6-12	
Figura 6-16: Recolección de muestra de agua - Laboratorio de Mediciones Ambientales	6-13
Figura 6-17: Puntos de muestreo de calidad de agua superficial .....	6-14
Figura 6-18: Caudales específicos (litros/s/km <sup>2</sup> ). Cuenca del río Chiriquí hasta La Esperanza	6-8
Figura 6-19: Regiones hidrológicamente homogéneas.....	6-10
Figura 6-20: Ubicación de estaciones de monitoreo de calidad de aire .....	6-13
Figura 6-21: Instalación de estaciones de monitoreo de calidad de aire .....	6-14
Figura 6-22: Características de los gases contaminantes monitoreados.....	6-15

Figura 6-23: Monitoreo de gases contaminantes.....	6-16
Figura 6-24: Ubicación puntos de muestreo de ruido ambiental.....	6-19
Figura 6-25: Mediciones de ruido ambiental .....	6-19
Figura 6-26: Modelación de ruido ambiental durante instalación de aerogeneradores. ....	6-22
Figura 6-27: Modelación de ruido ambiental durante fase de operación.....	6-23
Figura 6-28: Mapa de amenaza sísmica de Panamá .....	6-25

### **Índice de Gráficos**

Gráfico 6-1: Precipitación Mensual año, 2019.....	6-5
Gráfico 6-2: Temperatura promedio mensual, máximas y mínimas .....	6-7
Gráfico 6-3: Humedad relativa promedio mensual .....	6-9
Gráfico 6-4: Velocidad del viento sitio de proyecto – Datos Lakes Environmental.....	6-10
Gráfico 6-5: Resultados del monitoreo diurno .....	6-21



## **6.0 DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO**

La presente sección atiende la descripción del ambiente físico del área de estudio del Proyecto, donde se efectuó un reconocimiento a través de la revisión de estudios previos y trabajos de campo complementarios para la elaboración de la línea base física para el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Eólico Tramontana de 160 MW.

Se utilizó información cualitativa y datos cuantitativos, que se obtuvieron por medio de la revisión estudios realizados anteriormente sobre el área del proyecto, giras de campo, monitoreos ambientales y tomas de muestras.

La fase de recolección de datos de campo se realizó durante la temporada lluviosa durante el mes de octubre de 2020 y diciembre de 2020. El nivel de detalle presentado en este Capítulo, para cada uno de los elementos descritos, es acorde a la importancia que los mismos revisten en la identificación de los impactos (negativos y positivos) y a la necesidad de proponer las medidas de mitigación.

### **6.1 FORMACIONES GEOLÓGICAS REGIONALES**

Tectónicamente, Panamá es considerada como un bloque, localizada en la confluencia de cuatro placas tectónicas: la Placa del Caribe, la Placa Sudamericana, la Placa de Cocos y la Placa de Nazca. La microplaca de Panamá forma parte de la Placa del Caribe, no obstante información reciente revela una disociación del movimiento y convergencia relativa entre las dos placas (Trenkamp et al., 2002).

El límite Norte de la microplaca de Panamá, se define por un sistema de empuje y fallas de transformación conocido como el Cinturón Deformado de Panamá (Adamek et al., 1988 y Silver et al., 1990). Hacia el Oeste, estas fallas se desplazan hacia la Cordillera Central de Costa Rica (Marshall et al, 2003). El límite oriental con la placa continental de América del Sur está situado en la zona de cizalla del valle del Atrato (Taboada et al, 2000 y Trenkamp et al, 2002). El borde Sur, se caracteriza por la subducción de las placas de Nazca y Cocos, debajo de la microplaca de Panamá (Mann y Corrigan, 1990 y Coates et al, 2004).

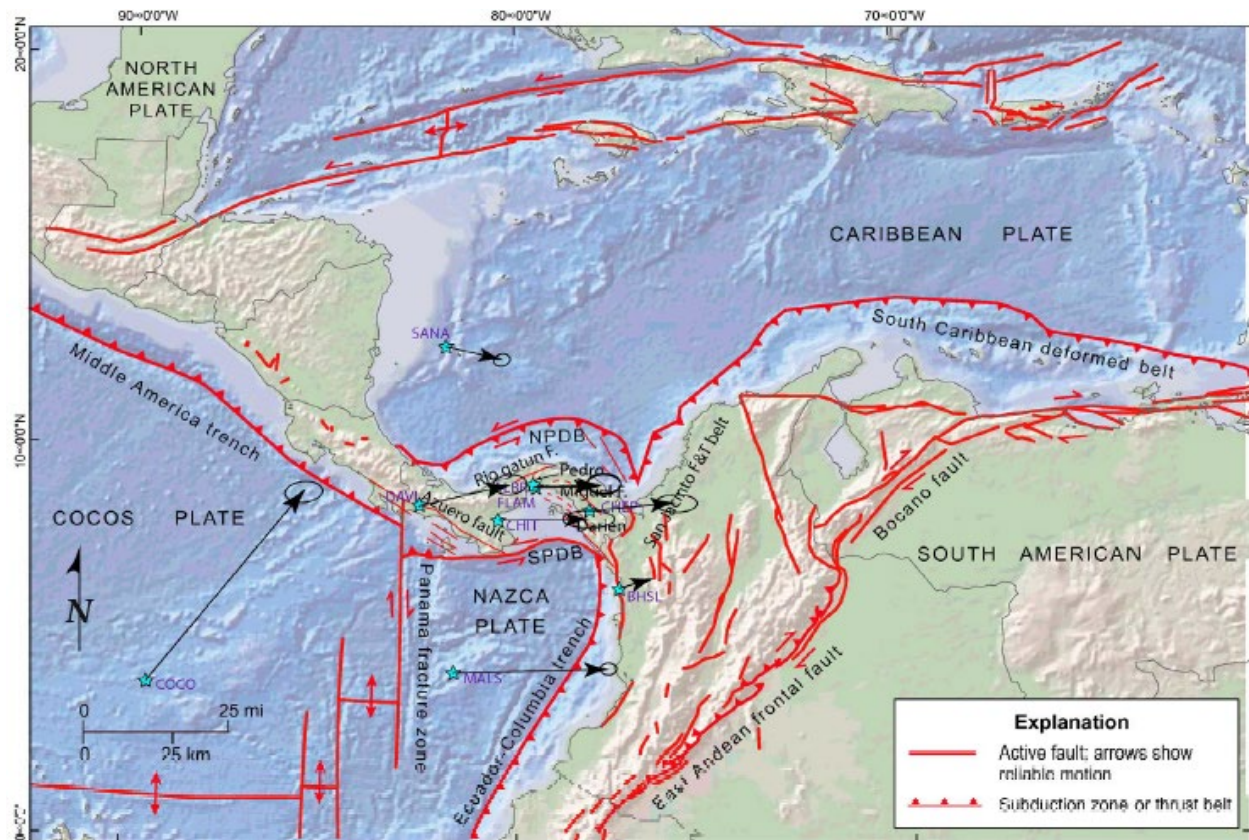
Rockwell y Col, 2010, sostienen que la microplaca de Panamá no es un bloque rígido, por el contrario, argumentan que está pasando por una deformación interna significativa, debido a la presencia de una alta tasa de deslizamiento (mayor a 5 mm por año) y a las fallas sísmicamente activas, tales como las

fallas Limón y Pedro Miguel, cerca del Canal de Panamá (Rockwell et al. 2010a). En tal sentido, Rockwell y Col, 2010 proponen un modelo de bloque delimitado por las principales fallas que se adaptan a la contracción de Este a Oeste y a la desviación hacia el Norte del arco de Panamá. Recientemente, las pruebas del modelo de Bennett et al, 2014, utilizando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), no pudieron reproducir las altas tasas de deslizamiento de la falla, estimadas a partir de los estudios paleo sísmicos de Rockwell et al, 2010.

De manera general, con el análisis de las mediciones de GPS y los datos paleo sísmicos, se presentan velocidades de convergencia consistentes hacia el Este de Panamá y América del Sur (Trenkamp et al 2002). Las velocidades de placas aumentan hacia el Este con tasas de alrededor de 10 a 15 mm por año en Nicaragua, y tasas de 30 mm por año en el centro de Panamá, en las costas de Colombia y Ecuador. Sin embargo, la cantidad de flexión y deformación interna de la microplaca de Panamá sigue siendo controvertida.

En la figura siguiente, se muestra la ubicación del bloque de Panamá, la relación con las placas tectónicas, las fallas activas (líneas rojas continuas), zonas de subducción (líneas rojas intercaladas con triángulos rojos) y movimientos asociados.

Figura 6-1: Placas tectónicas y ubicación del bloque de Panamá



Fuente: Atlas Nacional de Panamá, 2007.

La provincia de Chiriquí se ubica en la región sur occidental de la República de Panamá, en los estribos sur occidentales de la conocida Cordillera Central. Los afloramientos identificados muestran rocas volcánicas y piroclásticas, intrusivas y sedimentos pliocuaternarios (Plioceno), destacando los materiales provenientes de los cuerpos volcánicos de la región, especialmente el Volcán Barú y el Volcán Colorado (Tisingal) (IRHE-BID-OLADE, 1985; Restrepo, 1987). Los relieves desarrollados en el área destacan por ser altos, con pendientes entre 15° a 35° aproximadamente, propiamente montañosos, algunos angostos y bastante verticales, como se observa en la siguiente figura.

**Figura 6-2: Panorámica de bloques en la ladera del Cerro Hornito.**



Fuente: Bella Almillátegui (2020).

En la figura siguiente, se observan extensiones con presencia de bloques de roca, posiblemente provenientes de la meteorización y erosión de las laderas de los cerros.



Figura 6-3: Panorámica de cerros desde Hornito.



Fuente: Bella Almillátegui (2020).

**Formaciones geológicas regionales en el área del Proyecto**

Las formaciones geológicas donde se localiza el emplazamiento del proyecto pertenecen a la formación Virigua. Este grupo, pertenece al grupo de conformación volcánica: andesitas, basaltos, brechas, tobas, bloques sub intrusivos y sedimentos volcánicos, lavas y del periodo Secundario del Grupo Tabasará; formación plutónica granodiorita, dacitas y monzonita.

A continuación, el siguiente cuadro muestra la configuración del contexto estructural y regiones morfo estructurales del área del proyecto.

Tabla 6-1: Contexto estructural y Regiones Morfo estructurales del área del proyecto

Emplazamiento	Contexto estructural	Regiones morfo estructurales
Área de Fortuna (Cordillera Central)	Rocas Ígneas	Regiones de montaña, Cordillera Central
Entre Los Planes de Gualaca y Represa de Fortuna (Chiriquí).	Rocas Ígneas	Regiones de montañas. Cordillera Central. Cordillera Chiricana.

Fuente: Instituto Geográfico Tomy Guaria, Atlas Geográfico Nacional, 2016.

La composición geológica del relieve en esta faja de la cordillera está compuesta primordialmente por rocas producto del vulcanismo terciario mioceno, además del sedimentario cretácico, del sedimentario terciario y de intrusiones ígneas ácidas aisladas en todo el contexto de la franja. El área donde se encuentra ubicado proyecto

#### **6.1.2 Unidades geológicas locales**

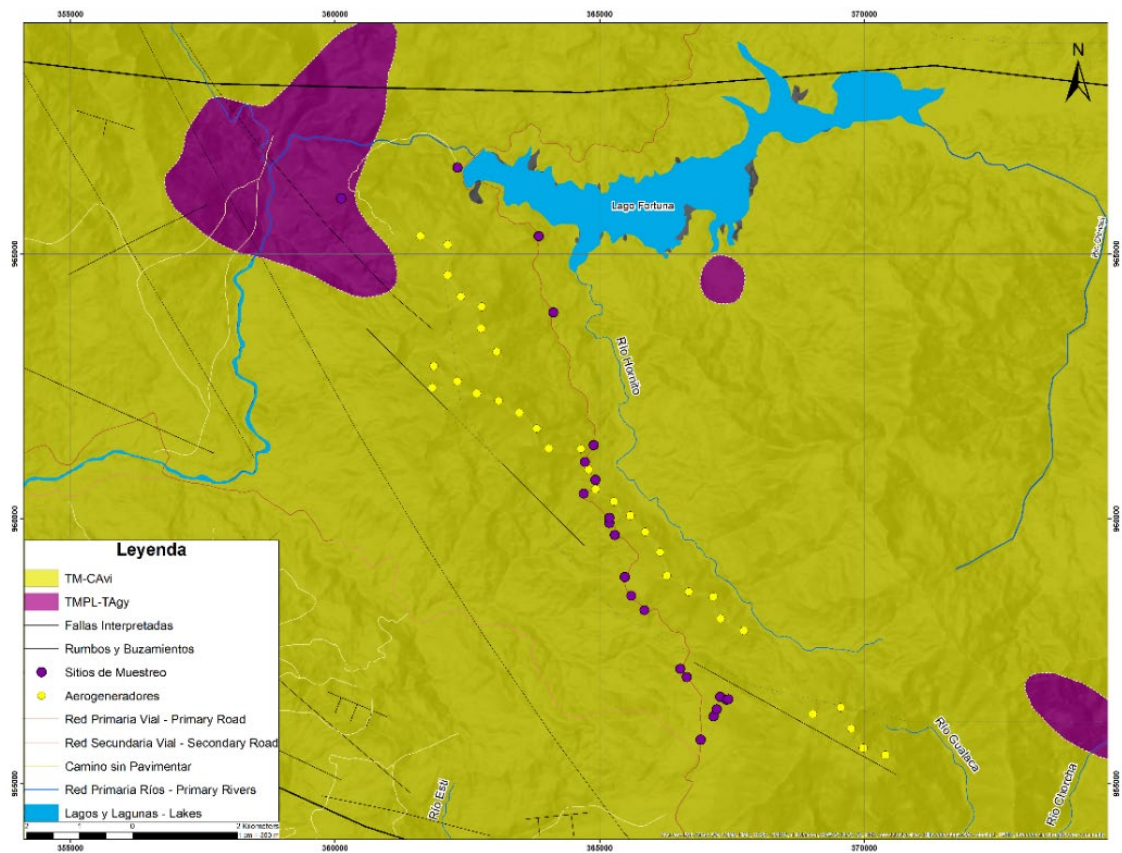
El Terciario en Panamá contiene espesores con secuencias marinas y terrestres, mayormente influenciadas por sedimentos volcánicos tales como espesores de las series volcánicas terrestres, cubiertos por flujos básicos, intermedios, ácidos e ignimbritas. Este desarrollo varía grandemente en regiones individuales de Panamá, por lo que no es posible hacer una correlación estratigráfica precisa, y la clasificación varía de una región a otra.

En general, las formaciones del Terciario se han descrito como siendo todas tobáceas, conteniendo la menor cantidad de despojos las del Eoceno y Plioceno y mayor cantidad, las del Oligoceno y Mioceno Inferior.

En el Oeste de Panamá, donde se localiza el proyecto, el Terciario aflora en las pendientes Norte y Sur, bordeando la Cordillera Central, entre tanto en el interior de esta región el Terciario está cubierto por las rocas del volcán Barú.

Las formaciones donde se ubica el emplazamiento del proyecto corresponden a l periodo terciario del grupo cañazas de la formación Virigua. A continuación, se caracteriza la formación identificada en el área del proyecto.

Figura 6-4: Geología en el emplazamiento del proyecto



Fuente: Diceasa, 2020.

Formación Virigua (TM-CAvi): pertenece al Terciario y ocupa aproximadamente la totalidad del área donde se ubica el emplazamiento del proyecto. Es una formación geológica volcánica perteneciente al grupo Cañazas, compuesta por andesitas, basaltos, brechas, tobas, bloques subintrusivos, diques swarns y sedimentos volcánicos.

Tabla 6-2: Geología local en el emplazamiento del proyecto.

Área	Periodo	Grupo	Formación	Formaciones sedimentarias
Emplazamiento	Terciario	Cañazas	Virigua	Andesitas, basaltos, brechas, tobas, bloques, sub-intrusivos, diques swarns, sedimentos volcánicos

Fuente: Instituto Geográfico Tomy Guaria, Atlas Geográfico Nacional, 2016.



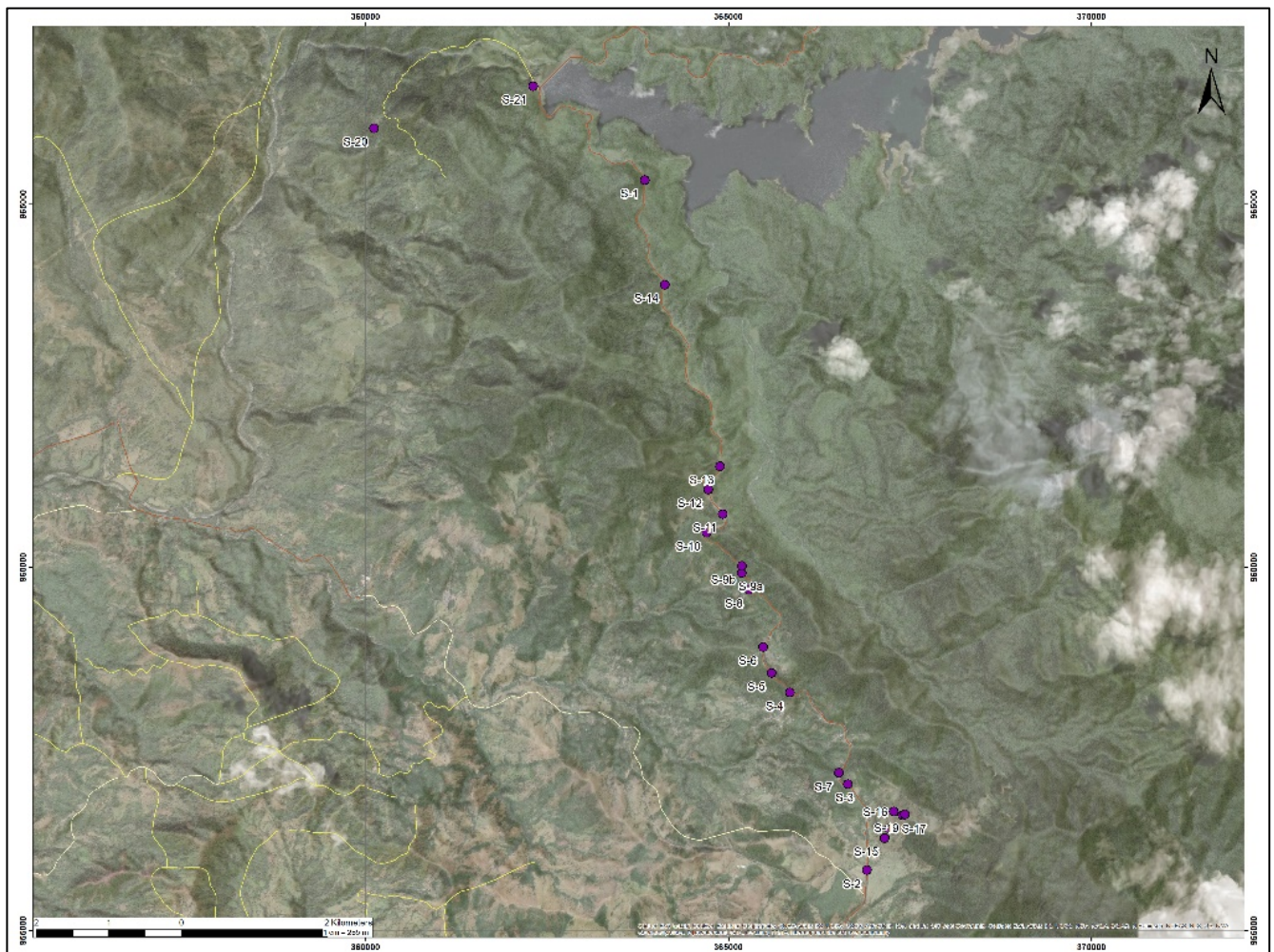
### 6.1.3 Caracterización geotécnica

Dentro del marco de la exploración, los materiales encontrados corresponden específicamente a la Formación Virigua, que está compuesta por rocas extrusivas volcánicas y piroclásticas, desde andesitas, basaltos, brechas volcánicas, tobas de diferentes clasificaciones, bloques subintrusivos y sedimentos volcánicos.

#### *Recolección de datos*

Este levantamiento consistió en una inspección preliminar orientada a la determinación de la accesibilidad, las condiciones del subsuelo en el sitio del proyecto, las características geológicas y geomorfológicas del sitio, y la localización de posibles recursos necesarios para la construcción del proyecto.

Figura 6-5: Ubicación de sitios de muestreos



Fuente: Diceasa, 2020.



Se realizó un recorrido en los diferentes puntos de muestreo del área de interés, a través de la carretera principal que conecta las provincias de Chiriquí y Bocas del Toro, donde fue posible reconocer los afloramientos de suelo y roca para identificar y estimar los espesores de los diferentes materiales geológicos, afluentes de agua, erosión, y otras características.

La elección de sitios de muestreo permitió generar un plan de trabajo organizado para el levantamiento de la información geológica requerida. A continuación, se muestran, los sitios de recolección de muestras de suelo y rocas para su posterior análisis geológico:

**Tabla 6-3: Sitios de muestreo del área de interés**

<b>Sitio</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>
<b>S-1</b>	363848.0	965337.0
<b>S-2</b>	366909.0	955833.0
<b>S-3</b>	366643.0	957018.0
<b>S-4</b>	365846.5	958280.3
<b>S-5</b>	365594.0	958548.0
<b>S-6</b>	365477.0	958907.0
<b>S-7</b>	366519.0	957173.0
<b>S-8</b>	365284.8	959695.1
<b>S-9a</b>	365180.7	959925.4
<b>S-9b</b>	365183.1	960020.6
<b>S-10</b>	364699.0	960481.0
<b>S-11</b>	364922.0	960737.0
<b>S-12</b>	364722.0	961075.0
<b>S-13</b>	364883.0	961393.0
<b>S-14</b>	364123.0	963897.0
<b>S-15</b>	367151.0	956274.0
<b>S-16</b>	367278.0	956642.0
<b>S-17</b>	367396.0	956590.0
<b>S-18</b>	367211.0	956407.0
<b>S-19</b>	367430.0	956600.0
<b>S-20</b>	360116.0	966051.0
<b>S-21</b>	362309.0	966630.0

Fuente: Diceasa, 2020.

Se utilizó como referencia, los estándares nacionales e internacionales para la definición de criterios de evaluación plasmados en los documentos siguientes:

1. Comisión de Reforma Agraria. Catastro Rural de Tierras y Aguas. Volumen III. 1965-1968;

2. Mapa Geológico de la República de Panamá. Dirección de Recursos Minerales. Ministerio de Comercio e Industrias;
3. USGS. Volcán Barú – Eruptive History and Volcano Hazards Assessment. Report 2007-1401. Virginia, USA. 2008.
4. Normativa y estándares de la *Sociedad Americana para Pruebas y Materiales* (siglas en inglés ASTM); y
5. Referencias de la *Comisión Internacional de Estratigrafía* (en inglés International Commission on Stratigraphy).

**Figura 6-6: Afloramiento de roca meteorizada en el sitio S-7.**



Fuente: Bella Almillátegui (2020).

La caracterización de la masa de suelo y roca se fundamentó en la identificación preliminarmente de las propiedades geológicas de las muestras obtenidas y los afloramientos, basada en la lista de parámetros siguiente:

### **Suelos**

1. Tipo de suelo (Identificación visual usando la norma ASTM D2488)

2. Origen del material (Identificados como residuales, rellenos o sedimentos como aluviales o coluviales)
3. Color (Usando de referencia el Sistema ordenado de color Munsell)
4. Resistencia al seco (prueba manual)
5. Plasticidad (prueba manual)
6. Dilatancia (prueba manual)
7. Consistencia del material, usando como referencia, la prueba del martillo de geólogo y la cuchilla: OC-1 @ OC-5
8. Contenido de agua
9. Contenido de otros materiales: restos orgánicos, asfalto, concreto, conchas, etc.

### **Rocas**

1. Tipo de roca
2. Dureza de las rocas, mediante el uso de la prueba del martillo de geólogo y la cuchilla: RH-1 @ RH-5
3. Grado de Meteorización e identificación del tipo (ejemplo: meteorización esferoidal)
4. Grado de Fracturación
5. Estructuras: diaclasas, juntas, fallas, flujo, plegamientos, etc.
6. Estratigrafía (observable)
7. Granulometría
8. Color (Usando de referencia el Sistema ordenado de color Munsell)
9. Origen del material (identificadas las rocas como sus grupos y subgrupos principales bajo los estándares internacionales)

### ***Observaciones preliminares***

Los principales tipos de rocas identificados durante el desarrollo de este levantamiento geológico se caracterizan y destacan por ser materiales geológicos ígneos, de naturaleza volcánica principalmente. Durante el desarrollo este levantamiento no se observaron afloramientos intrusivos (plutónicos) o de otra clasificación. Se identificaron, describieron y registraron muestras de Andesitas, Tobas finas, Tobas de Lapilli, Aglomerados y Brechas volcánicas y la identificación de las Formaciones Geológicas características en el área.

Se pudo determinar que el ambiente tropical húmedo y lluvioso del sitio es la causa principal del aceleramiento de la meteorización de los materiales rocosos, los que al final terminan formando grandes espesores de suelo y roca meteorizada. Sin embargo, esta condición varía según el tipo de roca aflorante.

Previamente se explicó que el área de interés está compuesta de rocas ígneas, las que sugieren un ambiente volcánico. Las rocas ígneas son reconocidas por su alta dureza y resistencia a procesos naturales de descomposición como la meteorización. Adicional, se observa la alteración por fluidos hidrotermales que han rellenado fracturas y cavidades con minerales secundarios, conformando cristales de calcita, zeolita y cuarzo.

**Figura 6-7: Conformación de cristales por alteración mineralógica**



Fuente: Bella Almillátegui (2020)

Todos los afloramientos muestran un grado de meteorización de moderado a alto, acrecentados por las fracturas identificadas como fallas y diaclasas producidas por los esfuerzos tectónicos. Estas estructuras geológicas generan planos de debilidad que promueven el paso del agua a través de sus fracturas, promoviendo la meteorización de las masas rocosas. Exceptuando el sitio S-21, cuya meteorización es bastante superficial. Los afloramientos observados presentaron estructuras de meteorización esferoidal conocidos como los “aros de cebolla” (Fotografía 5 y 6).



Figura 6-8: Afloramientos de roca meteorizada en el sitio S-2 y sitio S-5



Fuente: Bella Almillátegui (2020).

Se comprobó que las tobas son más susceptibles a la meteorización, debido a su diagénesis. En cambio, las andesitas y aglomerados tienden a formar una geomorfología destacada por grandes cerros y colinas, debido a su naturaleza compuesta por materiales más resistentes ante los agentes naturales generadores de procesos superficiales como la meteorización de las rocas.

### ***Erosión***

La erosión bajo la definición del Instituto Americano de Geociencias o por sus siglas en inglés (AGI), *es el proceso general o grupo de procesos en los cuales los materiales de la corteza terrestre que están sueltos, disueltos o desgastados son simultáneamente movidos de un lugar a otro por agentes naturales*, que incluye meteorización, solución, corrosión y/o transporte, pero usualmente excluyendo movimientos de masa. Específicamente incluye la destrucción mecánica del terreno y el transporte de los materiales por escorrentías de agua (lluvias), oleajes y corrientes, movimientos de hielo o vientos.

En el área de interés, los afloramientos identificados presentan muy poco espesor de suelo, los que fueron visualmente identificados como limos arcillosos. También fue posible identificar al agente principal causante de la erosión, “el agua”, elemento que principalmente se destaca por la remoción y transporte de las partículas de suelo por impacto o por escorrentía.

Preliminarmente, se pudo determinar que **el fenómeno erosivo del área está muy relacionado el rápido crecimiento y recuperación de la vegetación, característica de la Reserva Forestal de Fortuna y sus alrededores.** Un estado que se refleja en condiciones similares puede ser la definida como “Biostasia”, que representa un equilibrio morfodinámico estable entre la vegetación, clima y el suelo, que se encuentra en la rápida compensación de los puntos destruidos por los procesos superficiales naturales. A pesar de ello, si es observable que el manejo de drenajes debe ser controlado y periódicamente monitoreado para evitar áreas de inestabilidad que puede reflejarse en movimientos de masa u otros efectos.

Evaluando las condiciones anteriores del área, especialmente en lo relacionado con la exposición de los niveles de las masas de suelos y rocas, durante la construcción y explotación de los proyectos, se deben desarrollar como condición insoslayable, un permanente plan de mantenimiento de las áreas intervenidas. **Como conclusión fue posible establecer que los patrones observados del comportamiento principalmente de la masa de suelo dentro de la reserva permiten demostrar que la erosión no es una condición crítica,** siempre que se gestionen mediciones y controles del proceso de humedad y secado propio de los ambientes tropicales, tal y como se muestra en la figura siguiente, donde se observa la estabilidad de la masa de suelo, expuesta por más de 40 años al proceso de humedad y secado durante la operación del proyecto Fortuna.

Figura 6-9: Panorámica del talud en la margen derecha de la Represa de Fortuna



Fuente: Bella Almillátegui (2020).

## 6.2 GEOMORFOLOGÍA

En la provincia de Chiriquí, existen importantes regiones montañosas las que están constituidas principalmente por rocas ígneas volcánicas y plutónicas. Las regiones de cerros bajos y colinas corresponden a resultados de procesos superficiales que han generado restos de las unidades previas de mayor altura. Su composición en general está constituida por rocas sedimentarias y rocas ígneas como tobas y aglomerados, las que presentan menores resistencias comparativas con las andesitas y basaltos de la región.

Según el Atlas Nacional, del Instituto Geográfico Tomy Guardia, el territorio de la República de Panamá presenta tres regiones morfoestructurales:

- Las regiones de montañas;
- Las regiones de cerros bajos y colinas; y
- Las regiones bajas y planicies litorales,

Cada una claramente individualizadas desde el punto de vista topográfico (altitud y pendiente), estructural (litología y tectónica) y de acuerdo con su historia geológica.

El proyecto se ubica dentro de las regiones de montaña caracterizada por ser zonas modeladas en rocas volcánicas y plutónicas. Como parte de las regiones de montaña de origen ígneo se puede mencionar la Cordillera Chiricana, en la cual se emplaza la totalidad del proyecto. Esta cordillera presenta una morfología muy quebrada, crestas redondeadas, vertientes con fuertes declives y valles profundamente escarpados. Esta estructura demuestra rocas recientes y de bastante resistencia, como lo reflejan los numerosos rápidos y saltos de agua.

El área del proyecto corresponde fisiográficamente a una zona de paisaje rural en el área norte de la Provincia de Chiriquí, específicamente en la Reserva Forestal Fortuna. Este terreno presenta suelos, generalmente bien drenados con relieves y planicies, con pendientes planas y moderadas y con una altitud promedio de 2000.00 msnm. Desde el punto de vista fisiográfico, el área posee una micro topografía excesivamente quebrada, formando una red de escorrentía superficial de gran densidad.

## 6.3 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

**Los suelos pertenecientes al área en estudio son suelos muy ácidos, son de baja fertilidad natural y de alta pedregosidad de contenido medio de materia orgánica, conocidos como de toba**

**volcánica en meteorización.** El régimen de precipitación media anual entre 2,000 y 6,000 milímetros define niveles altos de lixiviación produciéndose suelos ácidos pertenecientes al orden ultisoles. Estos suelos no presentan una diferenciación taxonómica, por lo que se consideran suelos relativamente jóvenes con escaso desarrollo pedológico.

En la caracterización de suelos se trabajó hasta el nivel de orden, identificándose los suelos que a continuación se describen atendiendo a su evolución: entisoles, y ultisoles.

- Suelos ultisoles: se originan por el movimiento vertical del agua por períodos prolongados en condiciones de alta temperatura sobre prácticamente casi cualquier tipo de material parental. Su principal característica es la formación de un horizonte argílico o sea de acumulación de arcilla iliviada (que migra del horizonte superficial al profundo). Aparecen en cualquier régimen de temperatura y humedad (excepto en el arídico). Aparecen en zonas de clima templado (con elevadas precipitaciones que produzcan un lavado intenso de las bases). Son suelo ácidos (baja saturación en bases), lo que produce que no todos los cultivos puedan desarrollarse sobre éstos. No obstante, si se regeneran estos suelos mediante técnicas para reducir la acidez de los suelos, pueden emplearse para el cultivo de ciertas especies. **La gran mayoría están destinados para recursos forestales, encontrándose en ellos en vegetación forestal.**
- Suelos entisoles: son suelos típicos de laderas donde la escorrentía no permite la evolución de los suelos en profundidad a causa de la erosión hídrica. Aparecen principalmente en zonas forestales. No obstante, también suelen aparecer entisoles en zonas de barrancos con aluviones constantes que no permiten el desarrollo en profundidad. Son suelos potencialmente muy fértiles debido a los diferentes aluviones recibidos, utilizándose principalmente para cultivos hortícolas y frutícolas.

En el área de emplazamiento del proyecto, **predominan los suelos ultisoles**, se localizan en áreas húmedas y se forman en lugares con buen drenaje, se caracterizan por ser suelos muy ácidos y carecen de calcio, suelos muy pobres usados en vocación forestal.

#### **6.3.1 La descripción del uso del suelo**

El emplazamiento del proyecto se ubica dentro de la Reserva Forestal de Fortuna, reserva que forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. El uso del suelo en la zona del emplazamiento se encuentra regido por el Decreto Ejecutivo No. 68 del 21 de septiembre de 1976 por el cual Se Crea



la Reserva La Reserva Forestal Fortuna, en el Distrito de Gualaca, Distrito de Boquete de la Provincia de Chiriquí y modificado por el Decreto Ejecutivo No. 52 del 5 de junio del 2003, sin embargo, **el área protegida no cuenta con un Plan de Manejo.**

El uso de tierra en el sitio de emplazamiento son tierras dedicadas a la conservación y protección de los diferentes recursos naturales existentes (flora, fauna, agua, suelo). Sin embargo, en el área otorgada dentro de la licencia provisional de generación existe un uso variado, donde se llevan a cabo diferentes actividades económicas, las más importante son las dedicadas a actividades agropecuarias, principalmente potreros para la cría de ganado vacuno.

En el área de influencia indirecta, hay comunidades asentadas, donde en la mayoría de los patios de las viviendas existe un pequeño huerto casero con árboles frutales, medicinales y hasta maderables

En cuanto a la presencia física de vegetación dentro del emplazamiento, la mayor parte del área de influencia directa posee una cobertura de bosque maduro ocupando un 85% total de la superficie, mientras que en segundo lugar el bosque secundario con diversos estados de crecimiento que representan un 13 % mientras que los rastrojos representan tan solo un 2% del área de influencia directa.

Las hectáreas de bosque s que se eliminarán en el área de construcción representan el cambio de uso de suelo más drástico, el cual deberá ser debidamente considerado en el análisis de los impactos ambientales del proyecto, así como de las medidas de mitigación y Plan de Manejo Ambiental.

#### **6.3.2 Deslinde de la propiedad**

El proyecto será desarrollado en su totalidad sobre áreas de la Reserva Forestal Fortuna.

El proyecto presenta los siguientes límites

- Norte: Carretera hacia Bocas del Toro y Embalse Fortuna;
- Sur: Carretera hacia Bocas del Toro, Carretera hacia Chiriquicito, Quebrada La Mina, Comunidad de Valle La Mina y Los Planes;
- Este: Río Hornito y Cerro Pata de Macho ; y
- Oeste: Cerro Prieto, Comunidades de Fortuna y Peñas Blancas, y las Quebradas Filipina, Peña Blanca, Guayabo Negro y Nueva.

### 6.3.3 Capacidad de uso y aptitud

La clasificación de los suelos según su capacidad de uso es un tipo de ordenamiento práctico y sistemático, fundamentado en la aptitud natural que presente el suelo para producir bajo tratamiento continuo y usos específicos. Ello proporciona una información básica que muestra las limitaciones de uso, necesidades y prácticas de manejo que requieren, al igual que suministra elementos de juicio necesarios para la formulación y programación de proyectos y planes de desarrollo agrícola en una región.

El sistema de clasificación está basado en las Normas y Principios del Servicio de Conservación de Suelos en los Estados Unidos de América, pero adecuado a los patrones edáficos, climáticos y topofisiográficos existentes en un área reconocida.

El esquema básico de clasificación comprende los siguientes niveles o categorías sistemáticas:

- Divisiones o grupos de capacidad;
- Clases de capacidad de uso;
- Subclases de capacidad de uso.

A continuación, se presenta una descripción de las divisiones, clases y subclases.

- ☐ Divisiones o grupos de capacidad: son cuatro y constituyen la más alta categoría del sistema. Las mismas obedecen al uso dado de acuerdo con su potencial productivo, dividiéndose en:
  - Tierras apropiadas para cultivos intensivos y otros usos;
  - Tierras apropiadas para cultivos permanentes, pastos y aprovechamiento forestal;
  - Tierras marginales para uso agropecuario, aptas generalmente para el aprovechamiento forestal;
  - Tierras no apropiadas para fines agropecuarios ni explotación forestal.
- ☐ Clases de capacidad de uso: comprenden categorías menores de clasificación, que son las clases de capacidad. Estas se diferencian unas de otras por el grado de limitaciones permanentes o riesgos que involucra el uso de los suelos:
  - El primer grupo comprende cuatro clases de capacidad, que van de la clase I a la clase IV. La clase I es considerada la mejor y se supone que carece prácticamente de limitaciones las cuales aumentan de la I a la IV;

- El segundo grupo está integrado por las clases V y VI y sus limitaciones aumentan progresivamente de la V a la VI;
- El tercer grupo consta sólo de la clase VII y agrupa a los suelos apropiados generalmente para la explotación forestal;
- El cuarto grupo consta sólo de la clase VIII y presenta tales limitaciones que hace a los suelos inapropiados para fines agropecuarios o de explotación forestal.

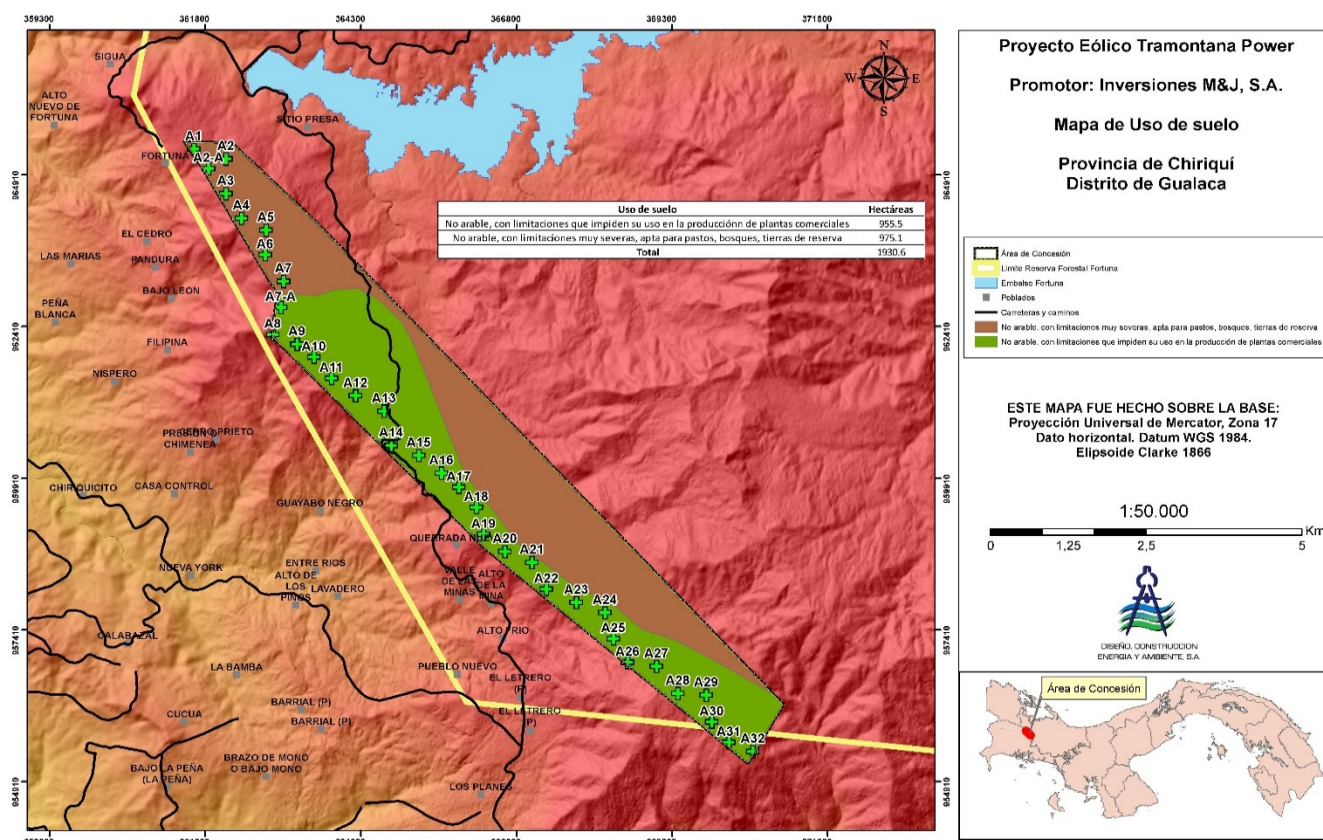
Dentro del área del Proyecto, la capacidad de uso de los suelos se encuentra distribuida de la siguiente manera:

Tabla 6-4: Clasificación de los suelos en el área del proyecto.

Sitios del proyecto	Clase de suelo presente
<b>Emplazamiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clase VII</li> <li>• Clase VIII</li> </ul>

Fuente: DICEASA, 2020.

Figura 6-10: Mapa de uso de suelo



Fuente: Diceasa, 2020.

- Clase VII No Arable: Con limitaciones muy severas, debido al grado de pedregosidad y de erosión. La erosión se clasifica como severa a muy severa. Las pendientes dentro de esta clasificación corresponden a mayores de 45°. Son suelos muy poco profundos, textura arcillosa fina (Cf). Drenaje pobre a muy pobre. Esta clase es apta para el manejo del bosque natural, además de protección. Las limitaciones son tan severas que ni siquiera las plantaciones forestales son recomendables en los terrenos de esta clase. Cuando existe bosque en estos terrenos se deben proteger para provocar el reingreso de la cobertura forestal mediante la regeneración natural. En algunos casos y no como regla general es posible establecer plantaciones forestales con relativo éxito y también pastos. Los suelos de la huella del Proyecto caen dentro de esta clasificación.
- Clase VIII tienen una topografía muy abrupta, son suelos generalmente pedregosos y rocosos, y tierras planas de drenaje muy pobre. Son suelos arcillosos, con superficies de empozamiento de agua casi permanente.

**Tabla 6-5.: Capacidad de uso de los suelos en área de proyecto**

Clase	Uso general	Características	Prácticas de manejo y conservación	Usos y cultivos apropiados
<b>VII</b>	Tierras no cultivables, aptas solamente para fines de uso o explotación forestal.	Suelos de profundidad limitada, empinados a muy empinados, potencial hidro-erosivo muy elevado. Pueden presentar rocosidad o pedregosidad superficial	Aprovechamiento racional y repoblamiento de las especies forestales. Hay que evitar las quemas y talas indiscriminadas.	Explotación racional y aprovechamiento integral de los bosques.
<b>VIII</b>	Tierras no aptas para cultivos ni explotación forestal, aptas solo para parques nacionales, recreación, vida silvestre o protección de cuencas hidrográficas.	Tierras montañosas de topografía muy abrupta; suelos generalmente pedregosos y rocosos, y tierras planas de drenaje muy pobre. Son suelos arcillosos, con superficies de empozamiento de agua casi permanente.	Mantenimiento de la cobertura vegetal. El mejoramiento de las tierras pobremente drenadas puede o no ser factible o poco justificable	Protección de cuencas; suministro de energía; explotación de minas y canteras y captación de aguas. Marco escénico de los bosques de protección y vida silvestre.

Fuente: DICEASA, 2020.

## 6.4 TOPOGRAFÍA

La descripción topográfica se realizó en base al mapa topográfico a escala 1:50,000 y los recorridos por los sitios del proyecto. Los puntos más altos en la región son Cerro Fortuna (1,490 msnm.), Cerro Pinola (1,361 msnm), Cerro Prieto (1,739 msnm), Cerro Pata de Macho (2,004 msnm), Cerro Hornito (2,102 msnm), y Cerro Chorcha (2,213 msnm).

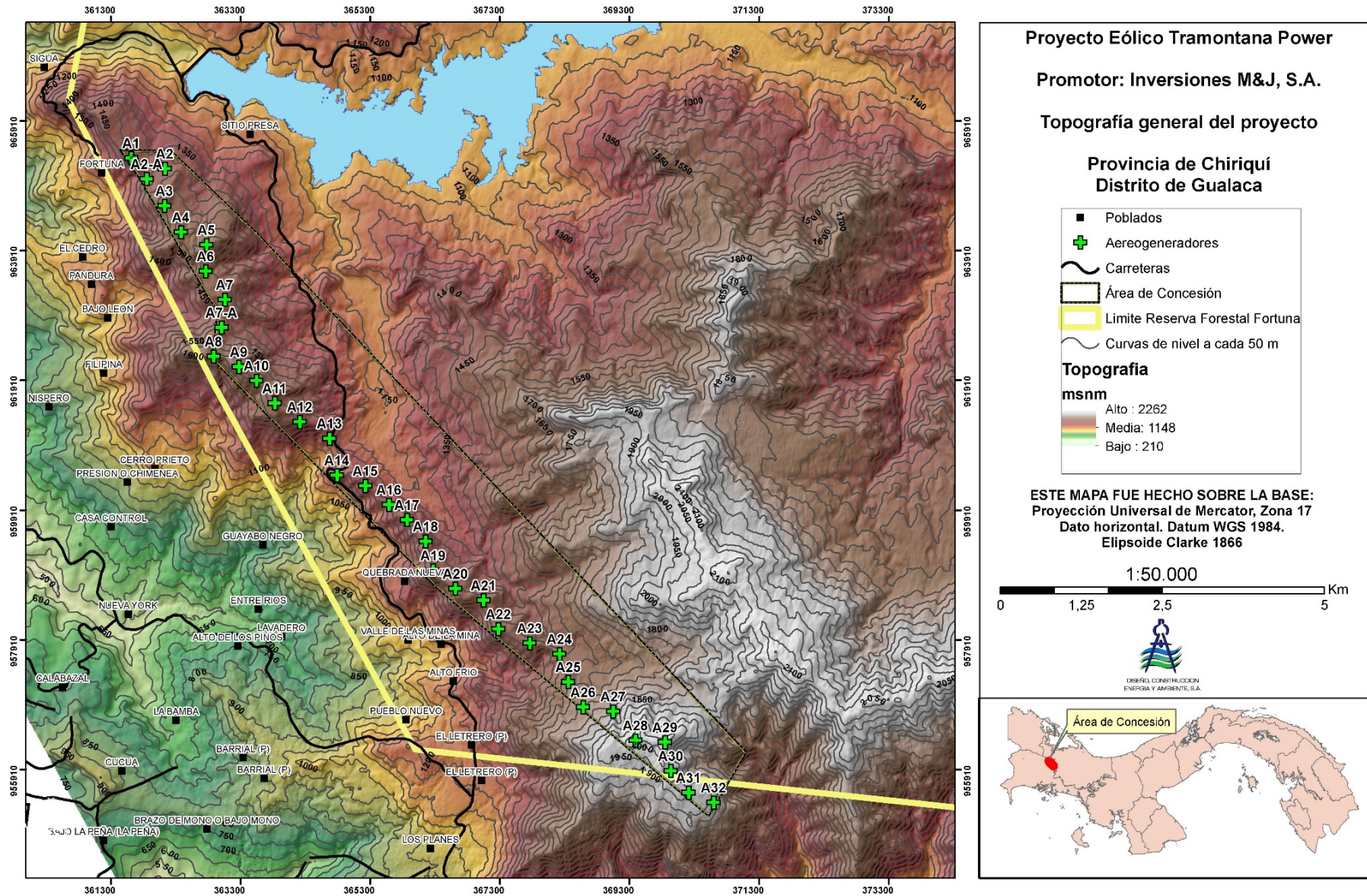
El emplazamiento del proyecto en la subcuenca del río Chiriquí hasta La Esperanza conformada por un conjunto de cerros altos, donde sobresale el Cerro Prieto de 1,709 msnm y el Cerro Hornito de 2,102 msnm. El área posee una topografía escarpada con pendientes pronunciadas que alcanzan los 2,100 msnm. El sector sureste, donde se ubican el Cerro Hornito y donde se emplazarían los aerogeneradores A28 hasta A32 presentan las mayores elevaciones (2,100 msnm).

### 6.4.1 Mapa topográfico o plano, según área de desarrollar a escala 1: 50,000

El mapa topográfico ha sido elaborado a escala 1:50,000 y se presenta en la figura siguiente.



Figura 6-11: Mapa topográfico del Proyecto



Fuente: DICEASA, 2020.

## **6.5 CLIMA**

La evaluación de las condiciones climáticas durante el levantamiento de información de línea base es de suma importancia por la influencia que dichas condiciones puedan tener sobre los criterios de diseño, construcción y operación del proyecto, así como por ser un factor influyente sobre otras condiciones ambientales que se relacionan con la calidad del aire e hidrología de la zona donde se pretende desarrollar el Proyecto.

Para efecto de la caracterización del clima se consideró como área de estudio el área de influencia directa y sus alrededores. Dicha área se encuentra ubicada en la cuenca hidrográfica del Río Chiriquí, clasificada como cuenca 108.

### **➤ Características climatológicas**

Las características climatológicas de Panamá son propias de clima tropical ya que, de acuerdo con la posición geográfica del país, éste se encuentra a bajas latitudes, muy cercanas al Ecuador, por lo cual queda sometido a intensas radiaciones durante el día (seis horas aproximadamente), con temperaturas medias anuales que oscilan entre 14°C y 27° C.

La evaporación media anual del país es de aproximadamente 1,700 mm y la humedad relativa promedio es de 75%. Estas condiciones son propicias para la formación de grandes nubes de desarrollo vertical que originan lluvias abundantes. Las lluvias son de tipo convectivas u orográficas, debido a la presencia de altas montañas.

El régimen de lluvias del país está determinado por el paso de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI), que define las dos temporadas climáticas que ocurren en Panamá, la temporada seca y la temporada húmeda. Cuando la ZCI se encuentra en el sur del país se genera la temporada seca, lo cual en promedio ocurre entre los meses de diciembre a abril. Sin embargo, cuando la ZCI se encuentra en el norte del país se genera la temporada húmeda, lo cual ocurre en el mes de mayo. Luego, se experimenta un segundo periodo seco, generalmente entre los meses de junio y julio; mientras que, en el mes de septiembre, la ZCI empieza a retornar nuevamente hacia el sur, produciendo las más fuertes precipitaciones en los meses de octubre y noviembre.

El área de la Reserva Forestal Fortuna, donde se ubica el emplazamiento del proyecto, se encuentra en la zona de convergencia intertropical y está influenciada por los vientos alisios del Caribe, que cargados de humedad, depositan el agua en forma de lluvias, donde anualmente se puede llegar a

8,000 mm de precipitación pluvial en Bijao, para luego disminuir a 4,000 mm a medida que se aleja de la división continental de aguas hacia el régimen predominante en el Pacífico. En tanto, la temperatura media anual, fluctúa entre 20 a 16 °C; con variaciones diarias de 10 °C en la madrugada y de 27 °C en horas del mediodía.

➤ **Tipo de clima**

Según la clasificación de McKay, la zona donde ubica el proyecto presenta los siguientes tipos de clima:

- Clima tropical de montaña baja; y
- Clima oceánico de montaña baja.

El clima tropical de montaña baja aparece en las montañas de la vertiente del Pacífico situadas arriba de los 900-1,000 msnm. Ocupa un amplio sector montañoso de Chiriquí, principalmente de la Cordillera de Talamanca. Igualmente, se encuentra presente en las cimas más altas de Veraguas, Coclé, Los Santos y Darién. A pesar de que sus totales de precipitación resultan altos, el efecto de foehn que se produce a principios del año, seca considerablemente las vertientes del Pacífico, que crea así condiciones favorables para la incidencia de incendios en las regiones boscosas y de matorrales.

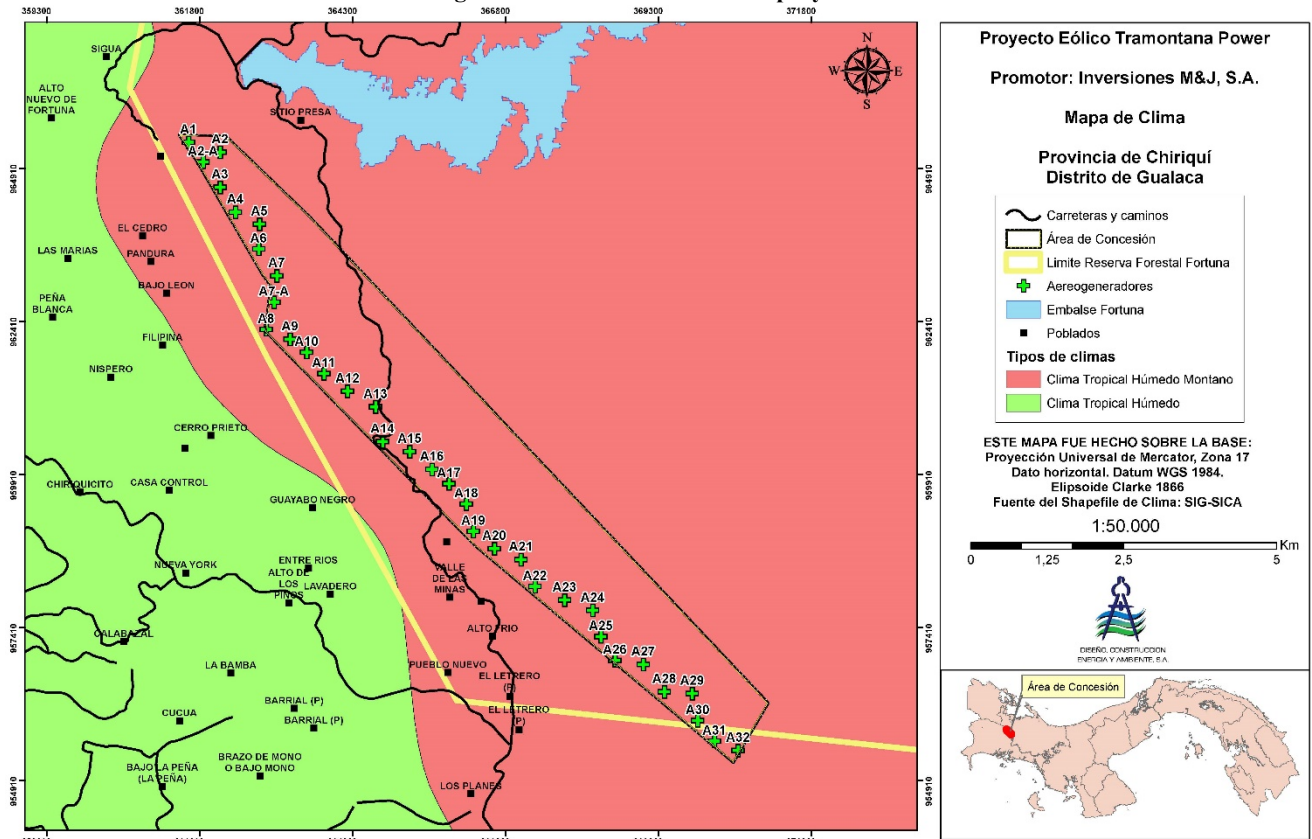
El clima oceánico de montaña baja está presente en las vertientes a barlovento del alisio nórdico de más de 900-1,000 metros de Bocas del Toro, extendiéndose también a sectores montañosos altos de Boquete y Gualaca en Chiriquí. Es fresco, muy lluvioso y sin estación seca. En Alto Lino, Boquete, a los 1,450 msnm la temperatura promedio anual se estima en 18 °C y los totales pluviométricos son de 3,710 mm al año. Prácticamente no hay estación seca, salvo algunas semanas en febrero.

En atención a la clasificación köppeniana, se presentan los siguientes tipos de clima:

- **Clima Tropical húmedo (Ami):** con influencia del monzón (régimen de vientos). Lluvia anual mayor de 2250 mm con 60% concentrada en los 4 meses más lluviosos en forma consecutiva, algún mes con lluvia menor de 60 mm. Temperatura media del mes más fresco mayor de 18 °C; y



Figura 6-12: Clima en el área del proyecto



Fuente: Diceasa, 2020.

El área del emplazamiento del proyecto es de Clima Tropical húmedo lo que indica que esta zona es la más crítica en cuanto a que recibe lluvias mayores de 60 mm durante todos los meses del año y la temperatura del mes más fresco es menor de 18 °C.

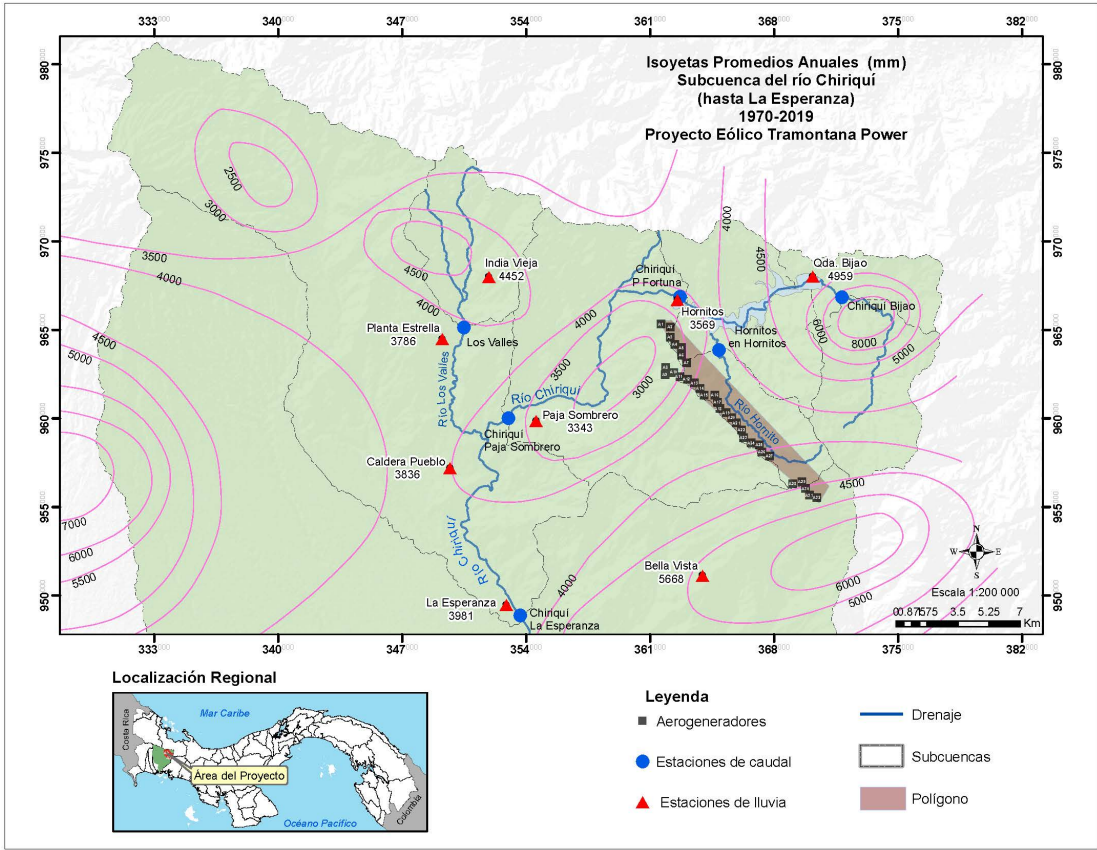
Con el objetivo de caracterizar el clima en el área del Proyecto, se seleccionó el centro del emplazamiento como punto central para realizar el análisis de los componentes climáticos del proyecto. La información correspondiente a precipitación, temperatura y viento del área del proyecto corresponden a data meteorológica proveniente de la interfase del modelo meso escala de la Agencia de Medio Ambiente de Estados Unidos y procesados por Lakes Environmental.

### • Precipitación

En la Provincia de Chiriquí, donde se encuentra el Proyecto, tiene variedad de regímenes pluviales, por ejemplo, en la zona norte hay sitios con muy alta precipitación a partir de la media elevación en la Cordillera Central (Fortuna, río Chiriquí, Chorcha y área de Potrerillos), reportándose registros

desde los 2,000 a los 6,000 milímetros, los que disminuyen hacia la zona del Pacífico. El número medio anual de lluvia oscila desde 100 a 249 días de lluvia al año.

Figura 6-13: Isoyetas en área de proyecto



Fuente: Diceasa, 2020.

A partir de las isoyetas, la zona del proyecto se caracteriza por recibir precipitaciones anuales mayores de 3,500 milímetros a 4,500 milímetros.

Los datos de precipitación mensual durante el año 2019 se muestran a continuación.

Tabla 6-6: Precipitación (mm) mensual, año-2019

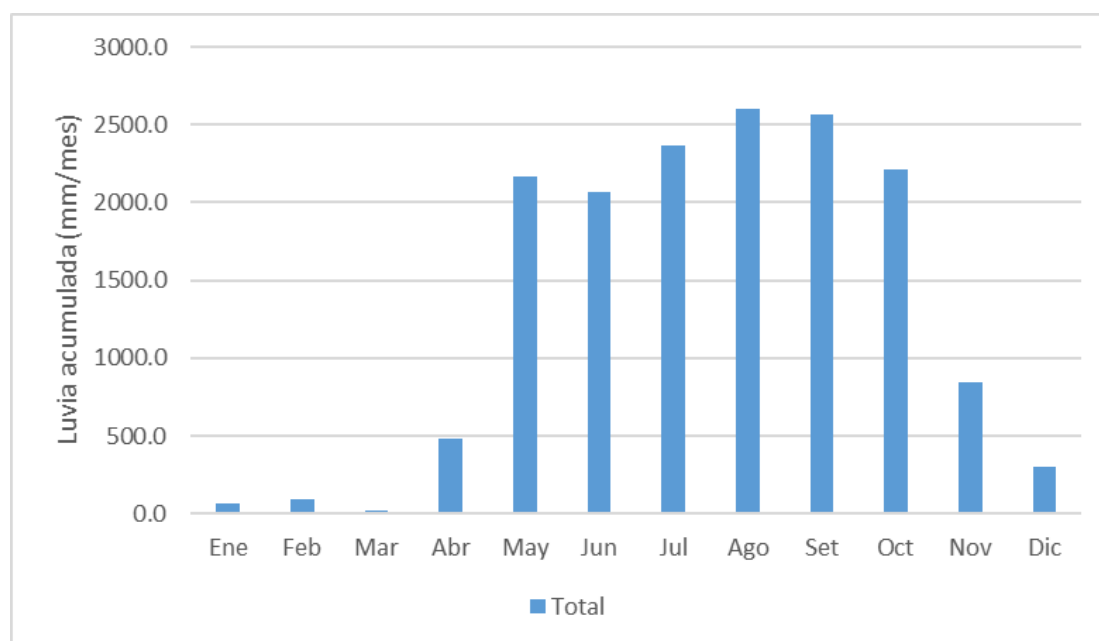
Mes	Total (mm)
<b>Enero</b>	64.1
<b>Febrero</b>	88.9
<b>Marzo</b>	22.7
<b>Abril</b>	480.8
<b>Mayo</b>	2163.1
<b>Junio</b>	2065.0
<b>Julio</b>	2370.1

Mes	Total (mm)
<b>Agosto</b>	2597.9
<b>Septiembre</b>	2566.6
<b>Octubre</b>	2216.0
<b>Noviembre</b>	844.4
<b>Diciembre</b>	296.9
<b>Total 2019</b>	15,776.4
<b>Promedio 2019</b>	1,314.7

Fuente: Lakes Environmental, 2020, procesamiento de datos por DICEASA, 2020.

A partir de los datos, la precipitación total para el año 2019 alcanzó los 15,776.4 milímetros. El promedio anual en el área de desarrollo del Proyecto fue de 1,314.7 milímetros con valores máximos durante el mes de agosto registrando 2,597.9 milímetros y valores mínimos durante el mes de marzo registrando 22.7 milímetros.

**Gráfico 6-1: Precipitación Mensual año, 2019.**



Fuente: Lakes Environmental, 2020, procesamiento de datos por DICEASA, 2020.

A nivel promedio mensual, por su parte, se observa que el período de mayor promedio de precipitación corresponde a los meses de mayo a octubre. Por otra parte, entre los meses de menor precipitación (enero a abril), el máximo valor promedio registrado se presentó en el mes de marzo.

- **Temperatura**

La provincia de Chiriquí tiene temperaturas variadas, por ejemplo: en las tierras altas, prevalece el clima "tropical de la altura o de alta sabana", con temperaturas templadas, menores a 18°C durante todo el año; mientras que las tierras bajas predominan el clima tropical de sabana, que llega hasta los 30°C. La Provincia de Chiriquí, donde se desarrollará el proyecto registra valores de temperatura media anual entre los 15°C y 27°C.

En la zona donde se ubica el Proyecto se pueden apreciar los cambios estacionales de la temperatura máxima, mínima y media, a partir de los datos de Lakes Environmental.

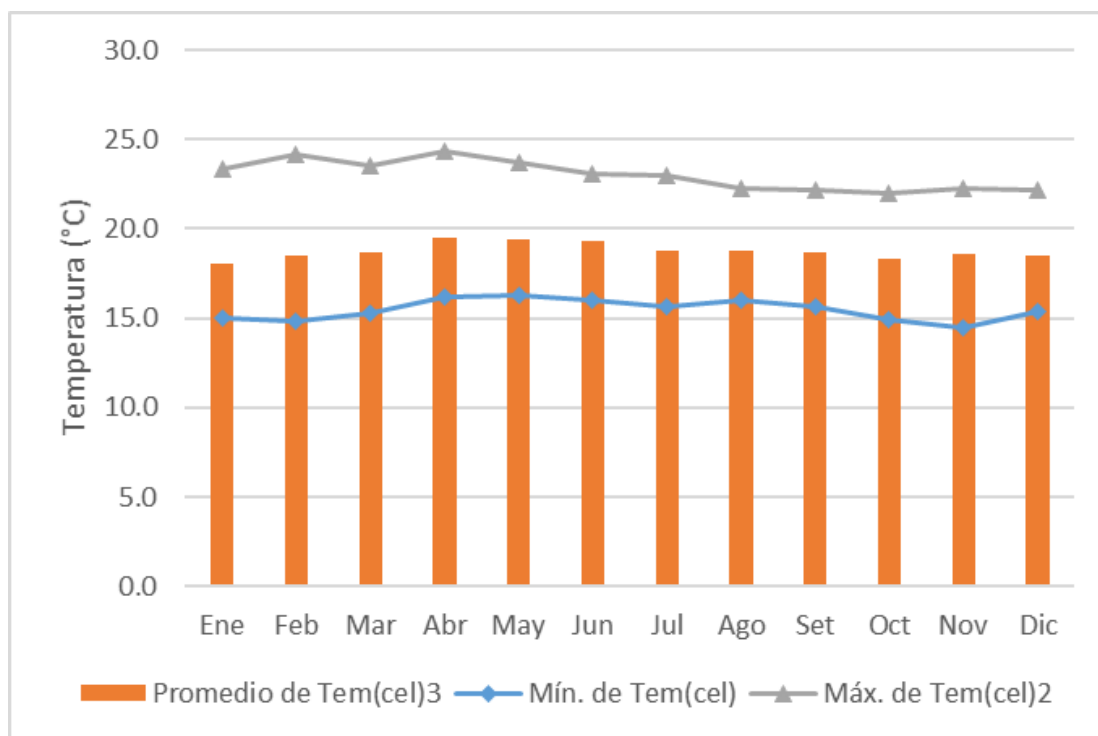
**Tabla 6-7: Temperatura Promedio Mensual Anual, Máxima y Mínima (°C)**

Mes	Mínimo °C.	Promedio °C.	Máximo °C.
<b>Enero</b>	15.0	18.1	23.3
<b>Febrero</b>	14.8	18.5	24.1
<b>Marzo</b>	15.2	18.6	23.5
<b>Abril</b>	16.1	19.5	24.3
<b>Mayo</b>	16.2	19.4	23.7
<b>Junio</b>	16.0	19.4	23.0
<b>Julio</b>	15.6	18.8	22.9
<b>Agosto</b>	16.0	18.8	22.2
<b>Septiembre</b>	15.6	18.7	22.1
<b>Octubre</b>	14.9	18.3	21.9
<b>Noviembre</b>	14.4	18.6	22.2
<b>Diciembre</b>	15.3	18.5	22.1
<b>Promedio</b>	15.5	18.8	23.0

Fuente: Lakes Environmental, 2020, procesamiento de datos por DICEASA, 2020.

El año 2019, registro una temperatura promedio de 18.8 °C, un valor máximo promedio de 23.0 °C y un valor mínimo promedio de 15.5 °C.

Gráfico 6-2: Temperatura promedio mensual, máximas y mínimas



Fuente: Lakes Environmental, 2020, procesamiento de datos por DICEASA, 2020.

Se puede apreciar que los meses de febrero y abril presentan las temperaturas máximas promedio más altas con valores por encima de los 24°C, mientras que el resto de los meses se registra un comportamiento regular con variaciones de un grado entre los 22 °C y 23 °C, respectivamente.

En cuanto a las mínimas promedio podemos notar que los meses con noches más cálidas son abril, mayo y junio con 16.1°C, 16.2 °C y 16 °C, respectivamente y que los meses de febrero, octubre y noviembre presentan las noches más frías con 14.8°C, 14.9 °C y 14.4 °C, respectivamente. De los valores indicados se induce que el comportamiento de la temperatura está fuertemente asociado al comportamiento de la lluvia.

Tomando en cuenta los datos evaluados estos indican que el promedio anual de la temperatura del sector alcanza los 18.8°C presentando pocas variaciones a lo largo del año, de tal manera que la diferencia entre el mes más caliente (abril) y el mes más frío (octubre) es de 1.2°C, al oscilar entre 19.5 y 18.3°C.

- **Humedad relativa**

El análisis de la humedad relativa existente en el sector donde se localiza el Proyecto se realizó utilizando información generada por Lakes Environmental para el año 2019. Dicha información se presenta a continuación.

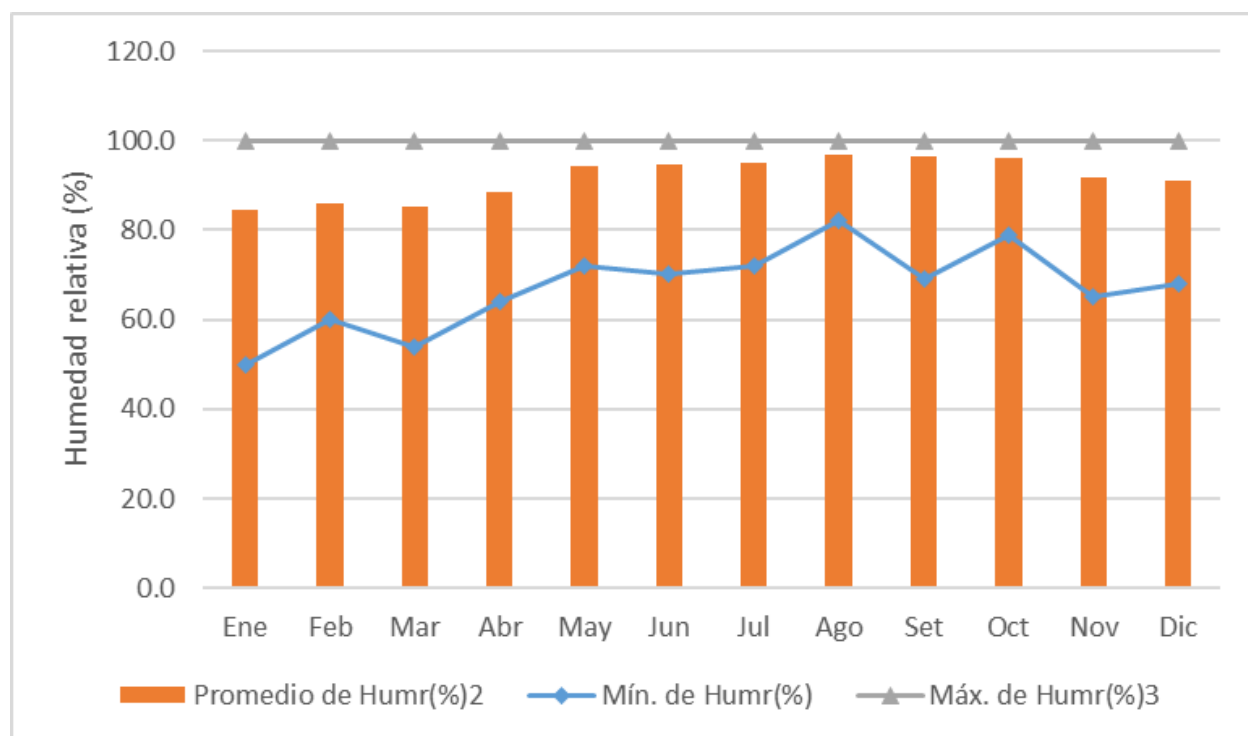
**Tabla 6-8: Humedad Relativa Promedio, Máximos y Mínimos.**

Mes	Mín. de Humr (%)	Promedio de Humr (%)	Máx. de Humr (%)
<b>Enero</b>	50.0	84.6	100.0
<b>Febrero</b>	60.0	85.8	100.0
<b>Marzo</b>	54.0	85.0	100.0
<b>Abril</b>	64.0	88.4	100.0
<b>Mayo</b>	72.0	94.5	100.0
<b>Junio</b>	70.0	94.6	100.0
<b>Julio</b>	72.0	95.0	100.0
<b>Agosto</b>	82.0	96.9	100.0
<b>Septiembre</b>	69.0	96.6	100.0
<b>Octubre</b>	79.0	96.2	100.0
<b>Noviembre</b>	65.0	91.8	100.0
<b>Diciembre</b>	68.0	91.0	100.0
<b>Promedio</b>	67.1	91.7	100

Fuente: Lakes Environmental, 2020, procesamiento de datos por DICEASA, 2020.

Los valores de la humedad relativa son valores altos que alcanzan el 90 % en los meses de la temporada lluviosa. Esto y el incremento de temperaturas explican valores altos en cuanto a evaporación. La humedad relativa varía entre 84.6% y 96.9% en todo el año. Los meses de mayo a diciembre es el periodo en el que ocurre mayor humedad y los meses entre enero y abril los meses de menor humedad.

Gráfico 6-3: Humedad relativa promedio mensual



Fuente: Lakes Environmental, 2020, procesamiento de datos por DICEASA, 2020.

La humedad relativa durante el año 2019 presenta un promedio anual de 91.7%, oscilando entre 84.6 % en el mes de enero y 96.9 % en los meses de agosto y septiembre, lo cual corresponde a una variación de 11.3% y donde las oscilaciones se relacionan en cierta forma con los cambios entre las épocas de lluvia y sequía. De tal manera que en la temporada seca la humedad presentó niveles que no llegan a la marca de 88.4%, mientras que en la temporada de lluvias se mantiene por encima del 90%.

- **Viento**

Los vientos son relativamente fuertes y en especial en el área del proyecto. El viento tiene además de su influencia climática señalada como transporte de humedad y reductor de temperatura, un marcado efecto mecánico sobre la cubierta forestal del cerro Hornito, Fortuna y la zona de Quijada del Diablo, en cuyas partes elevadas aparecen densamente cubierta de árboles achaparrados y retorcidos, con visibles inclinaciones que siguen la dirección de los vientos dominantes. Esta influencia deformante del viento se acentúa con heladas esporádicas en las partes altas, que destruyen los brotes y yemas terminales en las porciones externas de las copas arbóreas.

Los registros del año 2019 de Lakes Environmental y datos meso escala de aplicación de velocidad de viento 3Tier, fueron utilizados para llevar a cabo el análisis de la velocidad y dirección del viento.

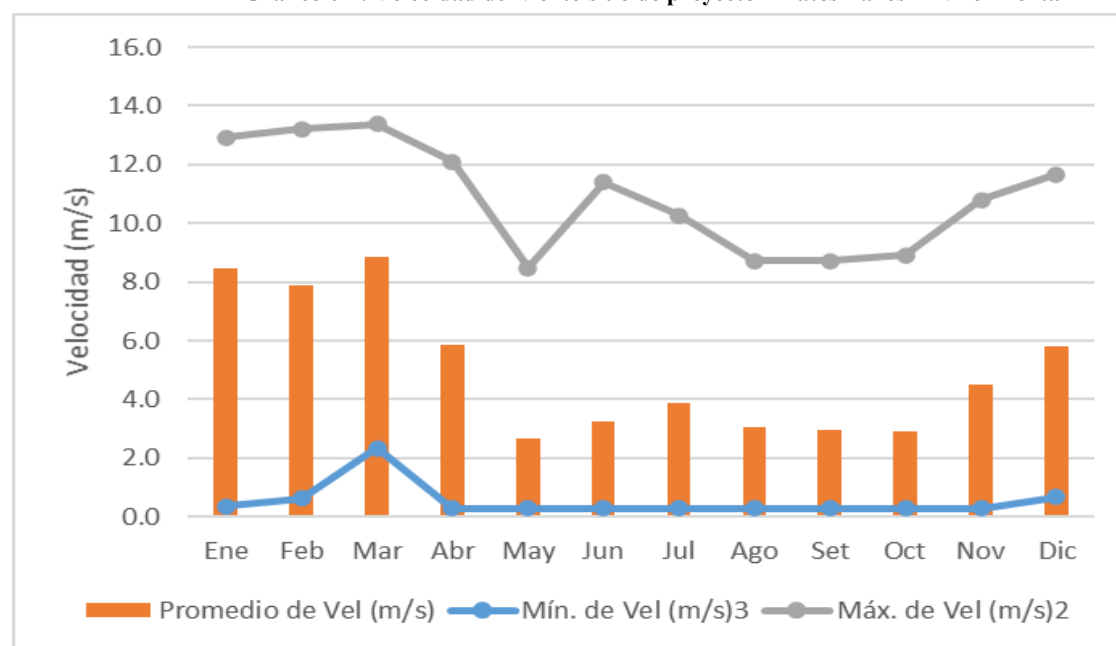
Tabla 6-9: Velocidad Mensual Promedio del Viento (m/s) -

Mes	Mín. de Vel (m/s)	Promedio de Vel (m/s)	Máx. de Vel (m/s)
<b>Enero</b>	0.4	8.5	12.9
<b>Febrero</b>	0.6	7.9	13.2
<b>Marzo</b>	2.4	8.8	13.4
<b>Abril</b>	0.3	5.9	12.1
<b>Mayo</b>	0.3	2.7	8.5
<b>Junio</b>	0.3	3.2	11.4
<b>Julio</b>	0.3	3.9	10.3
<b>Agosto</b>	0.3	3.1	8.7
<b>Septiembre</b>	0.3	2.9	8.7
<b>Octubre</b>	0.3	2.9	8.9
<b>Noviembre</b>	0.3	4.5	10.8
<b>Diciembre</b>	0.7	5.8	11.7
<b>Promedio</b>	0.5	5.0	10.9

Fuente: Lakes Environmental, 2020, procesamiento de datos por DICEASA, 2020.

El área del proyecto se caracteriza por dirección de viento noroeste con velocidades promedio anual de 10.9 m/s. Los registros indican que a lo largo del año la velocidad promedio mensual del viento oscila desde 2.7 m/s en el mes de mayo, hasta 8.8 m/s durante el mes de marzo.

Gráfico 6-4: Velocidad del viento sitio de proyecto – Datos Lakes Environmental



Fuente: Lakes Environmental, 2020, procesamiento de datos por DICEASA, 2020.

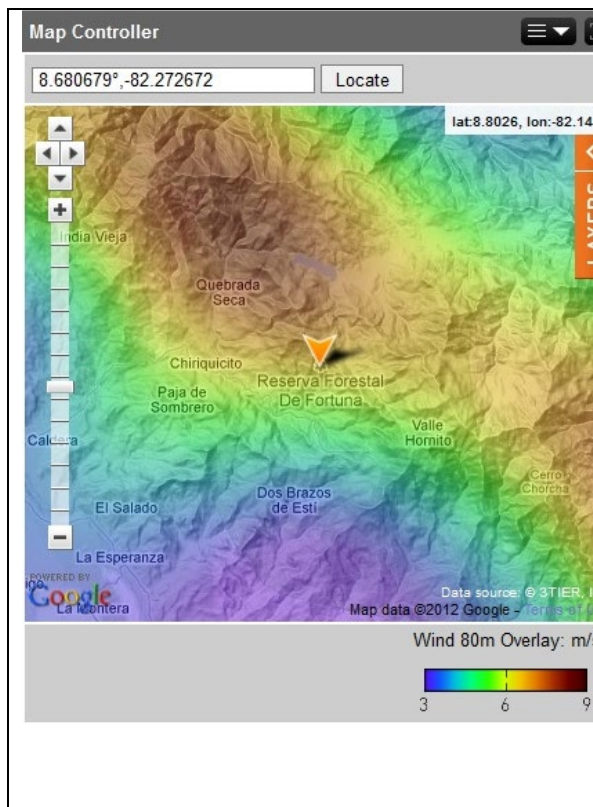


Durante la estación seca, entre los meses de enero, febrero, marzo y abril, se registran velocidades de viento promedio que oscila entre 5.9 m/s a 8.8 m/s, la cual se reduce durante temporada lluviosa, de tal manera que durante los meses de mayo a octubre se presentaron las velocidades más bajas entre 2.7 m/s y 3.1 m/s.

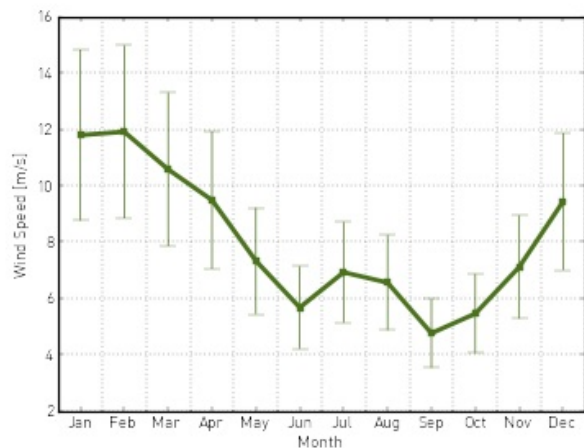
Se registran velocidades máximas promedios anuales de hasta 10.9 m/s y velocidades promedios mínimas de viento 0.5 m/s.

Tomando en cuenta los datos meso escala de la aplicación 3 Tier, para análisis de emplazamientos de proyectos eólicos, las velocidades más altas se registran en el mes de febrero con rangos de máximos de velocidad entre los 8.5 m/s y los 15 m/s, mientras que el mes de menor velocidad corresponde al mes de septiembre con rangos mínimos de velocidad entre 3.5 m/s a 6 m/s. En el sitio del proyecto se registra una dirección predominante del viento nor-noreste NNE.

Figura 6-14: Velocidad del viento, sitio de proyecto



- Hub Height: **50 meters**
- Latitude: **8.691°** Longitude: **-82.237°**
- Your highest wind month is: **February**
- Your lowest wind month is: **September**

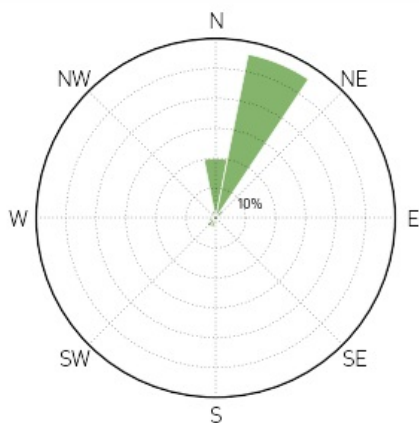


Fuente: www.3tier.com, 2020.

Por otra parte, los datos relacionados con la dirección predominante son los vientos del Noreste (dirección 20° en promedio).

Figura 6-15: Rosa de vientos para los datos meteorológicos de Lakes Enviromental, 2019.

- Hub Height: **50 meters**
- Latitude: **8.691°** Longitude: **-82.237°**
- Your prevailing wind direction is from the: **North North East (NNE)**



Fuente: Lakes Environmental, 2020, procesamiento de datos por DICEASA, 2020.

## 6.6 HIDROLOGÍA

El área de desarrollo del proyecto se localiza dentro de la cuenca hidrográfica denominada Río Chiriquí correspondiente a la cuenca # 108.

La cuenca del río Chiriquí está localizada en la vertiente del Pacífico, provincia de Chiriquí. El área total de la cuenca de drenaje es de 1 929 km<sup>2</sup> hasta su desembocadura al mar. La longitud del río principal es de 135 Km. La elevación media de la cuenca es de 270 msnm y el punto más alto se encuentra en el volcán Barú, al noroeste de la cuenca con una altitud de 3 474 msnm.

Desde el punto de vista hidrometeorológico la cuenca del río Chiriquí es una de las mejor estudiada del país.

### 6.6.1 Calidad de las aguas superficiales

En esta sección se presenta una recopilación de los muestreos de calidad de agua superficial realizados dentro del área del Proyecto, con el objetivo de describir las condiciones existentes de calidad de agua superficial y establecer los parámetros sobre la base de los cuales deberán medirse los posibles cambios que puedan generarse.

Las muestras de agua superficial se tomaron con el fin de:

- Caracterizar la calidad del agua superficial, para poder comparar las condiciones existentes con las condiciones futuras pronosticadas;
- Influir las decisiones vinculadas con el diseño de las obras de ingeniería para el manejo de aguas; ayudar a gestionar, limitar y evitar el impacto ambiental mediante el diseño de estrategias sostenibles para la implementación de las medidas de mitigación ambiental.

Los resultados completos de los diferentes muestreos de calidad de agua superficial se encuentran en el anexo Informe de Monitoreo de Calidad de Agua.

➤ **Sitios de muestreo**

Los lugares de muestreo de calidad de agua superficial fueron seleccionados con la finalidad de poder obtener datos iniciales sobre las áreas donde se proyecta ubicar las instalaciones del proyecto.

➤ **Recolección y análisis de las muestras**

Las muestras de agua fueron recolectadas el día 13 de noviembre de 2020 en campo por personal del laboratorio de Mediciones Ambientales. Se utilizaron protocolos compatibles con métodos estandarizados.

**Figura 6-16: Recolección de muestra de agua - Laboratorio de Mediciones Ambientales**



Fuente: DICEASA, 2020.





Muestra – Calidad de agua	Coordenadas	
	Proyección UTM – DATUM WGS 84 Este	Norte
Q. Filipina	360716.00 m E	962396.00 m N
Q. Níspero	359883.18 m E	961128.99 m N
Q. S/N	363054.00 m E	965791.00 m N
Chorro embalse	362410.00 m E	966343.00 m N
Q. Fortuna	360938.00 m E	964647.00 m N
Q. Alemán	364049.00 m E	963907.00 m N
Q. Mono	364457.00 m E	962460.00 m N

Fuente: DICEASA, 2020.

Cada muestra de calidad de agua recolectada, le fueron analizados los siguientes parámetros:

- pH, temperatura, S.S., S.T., NTU, DBO 5, DQO, DQO/DBO5, conductividad, C.T., AYG, HC.

Los resultados obtenidos en los análisis realizados a las muestras de agua se presentan a continuación.

## Estudio de Impacto Ambiental Categoría III – Proyecto Eólico Tramontana Power

**Tabla 6-11: Resultados del Monitoreo de Calidad de Aguas Superficiales.**

PARAMETROS	Unidades	*Contacto directo – riesgo bajo	Q. Mina	Q. NY	Q. Nispero	Q.PBlanca	Q. BEsti	Q. Filipinas
<b>Potencial de hidrogeno</b>		6.5 - 8.5	6.83	7.58	7.71	7.55	7.64	7.58
<b>Turbiedad</b>	mg/l	<50	0.74	88.4	15.5	7.72	8.18	12.1
<b>Oxígeno disuelto</b>	mg/l	<7	6.42	5.95	6.36	6.31	6.03	6.31
<b>Conductividad</b>	µS/C	NE	129.9	108.9	113.7	110.4	41.0	138.2
<b>DBO5</b>	mg/l	<3	7.04	5.70	6.12	6.62	5.86	6.22
<b>Coliformes totales</b>	NMP	NE	>2,419.6	>2,419.6	>2,419.6	>2,419.6	>2,419.6	>2,419.6
<b>Solidos totales</b>	mg/l	NE	76.00	122,.00	33.0	38.0	38.00	107.00
<b>Solidos suspendidos totales</b>	mg/l	<50	<1.00	78.00	20.00	4.40	<1.00	13.3
<b>DQO</b>	mg/l	NE	24.3	22.5	21.9	18.9	21.3	24.1
<b>Temperatura</b>	delta t (°C)	$\pm 3^{\circ}\text{C} \wedge \text{TN}$	23.3	23.5	23.2	23.5	23.5	23.4
<b>Aceites y grasas</b>	mg/l	<10	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0
<b>Hidrocarburos totales</b>	mg/l	<0.05	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
<b>DQO/DBO5</b>		NE	3.45	4.12	3.58	2.85	3.63	3.87

\*Decreto Ejecutivo 75-2008 por el cual se dicta la norma primaria de calidad ambiental y niveles de calidad para las aguas continentales de uso recreativo con y sin contacto directo

NE Parámetro sin límite máximo permitido en el reglamento técnico o normativa aplicable.

Fuente: Laboratorio de Mediciones Ambientales, 2020, cuadro preparado por Diceasa, 2020.



Los ríos son sistemas dinámicos que modifican su naturaleza a lo largo de su curso, debido a cambios en las condiciones físicas tales como las pendientes y la geología de su lecho. La química del agua superficial en cualquier punto refleja importantes influencias: litológicas, atmosféricas, climáticas y antropogénicas, por lo que es fundamental poder identificar y cuantificar estas influencias.

**Temperatura:** La temperatura del agua influencia los procesos fisiológicos de los organismos, tales como la respiración microbiana, que es responsable, en gran parte, de la auto purificación que ocurre en los cuerpos de agua (Chapman, 1996). Altas temperaturas favorecen una mayor tasa de crecimiento, lo cual permite que cierto tipo de biota alcance poblaciones significativas. Bajo condiciones naturales la temperatura del agua que fluye varía entre 0° C y 30°C; sin embargo, los valores recomendados para la conservación de la vida acuática dependerán del caso en particular de que se trate, debido a que la temperatura depende entre otros factores: de la hora del día y época del año, condiciones del tiempo, flujo y profundidad de la corriente.

En todos los puntos de muestreo, se midió la temperatura de las aguas superficiales, observándose que los valores se encuentran dentro del rango normal lo que se puede relacionar con la presencia de fauna acuática en todos los puntos donde se realizaron la toma de muestras de calidad de agua. El ámbito fue de 23.2 °C a 23.5 °C, con un valor promedio de 23.4 °C. No hubo diferencias significativas entre los resultados obtenidos en cada punto de muestreo.

**Potencial de hidrógeno:** El pH es controlado por el balance entre el dióxido de carbono, los iones bicarbonato y carbonato, así como los ácidos húmicos y fúlvicos. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH en el ámbito de 6,5 a 8,0 y es controlado principalmente por el sistema carbonato – bicarbonato (Stumm & Morgan, 1996). Sin embargo, existen aguas húmicas ácidas, cuyo ámbito de pH de 5,0 a 6,0 y es controlado por la concentración natural de materia orgánica en lugar del sistema de amortiguamiento de carbonato-bicarbonato. La mayoría de las aguas tienen cierta capacidad de amortiguar (o resistir) los cambios de pH. Esta capacidad es a menudo medida en términos de la alcalinidad del sistema. En los ríos esta capacidad se debe, sobre todo, a la presencia de iones bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), aportados al sistema por la disolución de rocas y suelos (Drever 1988, Stumm & Morgan 1996).

En aguas de ríos no contaminados los valores de pH varían entre 6,0 - 8,5 y su determinación es importante, ya que tiene una gran influencia en muchos sistemas biológicos. Valores superiores o inferiores a este ámbito producen limitaciones en el desarrollo y fisiología de los organismos acuáticos, en general y en la biota de los humedales en particular. El potencial de hidrógeno para todos los puntos muestreados se encuentra dentro del rango característico de aguas no contaminadas y de igual forma se encuentra dentro de los límites permisibles establecidos en el Decreto Ejecutivo 75.

**Conductividad:** es una medida de la capacidad del agua de conducir una corriente eléctrica. Es sensible a las variaciones de sólidos disueltos, principalmente de sales minerales. Para un cuerpo de agua en específico, se relaciona con los sólidos totales disueltos y con los iones mayoritarios (Chapman, 1996). La conductividad de la mayoría de las aguas dulces naturales se encuentra entre los 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a los 350  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; aunque, por supuesto depende del tipo de geología. En zonas con influencia marino-costera los valores pueden ir desde los 125  $\mu\text{S}/\text{cm}$  hasta los 2200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; mientras que en lagos y reservorios las conductividades son por lo general más bajas (ANZECC, 2000).

Respecto a la conductividad eléctrica, los valores bien estables con poca fluctuación. Los valores registrados se encuentran entre 108 y 138  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , consecuentes con valores de aguas dulces naturales.

**Oxígeno disuelto:** El oxígeno disuelto es uno de los parámetros más importantes para la vida acuática y la ecología de los ríos. Puede ser removido o agregado al agua por varios procesos fisicoquímicos o reacciones biológicas. Cuando las concentraciones de oxígeno caen abajo del nivel de saturación, el déficit se compensa por la transferencia de gas desde la atmósfera a través de la superficie y cuando las concentraciones son superiores al nivel de saturación, la sobresaturación se reduce por la transferencia desde la columna de agua al aire. Tales interacciones son controladas por la diferencia de las presiones parciales en la fase gaseosa y de las concentraciones en la fase líquida. La transferencia de oxígeno en aguas naturales depende de la mezcla interna y la turbulencia debido a los gradientes de velocidad y a las fluctuaciones, temperatura, viento, cataratas, pantanos, rápidos y películas superficiales (Lopes, 2005).

Un cuerpo de agua que tenga un nivel de oxígeno disuelto abajo de 3 mg O<sub>2</sub> / L es considerado hipóxico. El bajo contenido de oxígeno o depleción del oxígeno por lo general resulta de la combinación de una alta productividad biológica y un intercambio de agua reducido (Dai et al., 2006).

Los niveles de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua muestreados son normales demostrando una adecuada oxigenación, esto debido al movimiento del agua en dichos puntos; como consecuencia la zona de la incorporación de oxígeno por el flujo turbulento del agua. Se puede concluir que, los registros de oxígeno disuelto para todos los puntos muestreados se encuentran dentro del rango característico de aguas bien oxigenadas, así mismo se encuentra dentro de los límites permisibles establecidos en el Decreto Ejecutivo 75.

**Sólidos suspendidos totales:** El material suspendido en las aguas está compuesto por arcilla, arena, plancton y otros organismos microscópicos; su ingreso a los cuerpos de agua surge, entre otros factores de la erosión del terreno por prácticas agrícolas y del acarreo de material durante la escorrentía de las aguas de lluvia. Los sólidos pueden adherir en su superficie nutrientes y diferentes tipos de contaminantes como residuos de plaguicidas; además, pueden afectar la penetración de la luz en los cuerpos de agua y en el incremento de temperatura debido a la absorción de la radiación (Chapman, 1996). La concentración de sólidos suspendidos totales (SST) corresponde a la fracción de los sólidos totales que quedan retenidos en un filtro de 0,45 µm de tamaño de poro.

El Decreto 75-2008 por el cual se dicta la norma primaria de calidad ambiental y niveles de calidad para las aguas continentales de uso recreativo con y sin contacto directo establece un valor de 50 mg/L para la conservación y desarrollo de la vida acuática, por lo tanto, los sitios muestreados cumplen con el límite máximo permisible, no hay evidencia de concentraciones altas de sólidos en los sitios muestreados, exceptuando el punto muestreado en la Quebrada Nueva York. Esta concentración puede ser producto de los eventos de lluvia reportados en la zona.

**Coliformes totales:** Los Coliformes totales se definen como bacilos Gram negativos, aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados que pueden desarrollarse en presencia de sales biliares y otros agentes tensoactivos con propiedades similares de inhibición del crecimiento, no tienen citocromo oxidasa y son capaces de fermentar la lactosa con producción de ácido, gas y aldehído, en un período de 24 a 48 horas. Se pueden encontrar tanto en las heces como en el medio ambiente y en el agua para consumo con concentraciones de nutrientes relativamente elevadas

Se encontraron elevados niveles de coliformes totales en todos los puntos muestreados, indicando aportes desde el entorno. La elevada presencia de bacterias se relaciona con los niveles de Demanda Bioquímica de Oxígeno que igualan el límite de la normativa.

**Demanda bioquímica de oxígeno:** Indica la cantidad en miligramos de oxígeno disuelto que utilizan las bacterias para descomponer la materia orgánica presente en un litro de agua. Es una medida cuantitativa de la contaminación del agua por materia orgánica.

Los resultados obtenidos para la Demanda Bioquímica de Oxígeno en los puntos de monitoreo se encuentran por debajo del límite permisible, lo que nos indica que el agua tiene capacidad de disolver oxígeno presente en ella.

**Aceites y grasas:** No se registraron concentraciones que excedieran los límites máximo-permisibles en este parámetro.

**Hidrocarburos totales:** . No se registraron concentraciones que excedieran los límites máximo-permisibles en este parámetro

#### **6.6.1.a. Caudales máximos, mínimos y promedio anual**

Para elaborar la variación de los caudales en la subcuenca en estudio (mapa de caudales específicos), y así poder estimar el caudal medio anual en subcuencas de interés, se utilizó el método del balance hídrico superficial que generalmente se expresa como:

$$\langle P \rangle - \langle R \rangle = \langle ETR \rangle + \eta$$

Donde:

$\langle P \rangle$  = Precipitación media de la cuenca en estudio en el periodo analizado.

$\langle R \rangle$  = Caudal medio o escurrimiento en altura media de agua sobre la cuenca correspondiente al periodo en estudio (mm)

$\langle ETR \rangle$  = Evapotranspiración media en la cuenca (mm).

= Término de discrepancia o error.

El símbolo  $\langle \rangle$  indica promedio espacial horizontal y temporal. En este caso asumimos que los cambios de almacenamientos en un periodo largo de tiempo y en áreas extensas tienden a minimizarse y lo suponemos nulo.

En este estudio se utilizó la información registrada en seis estaciones de caudal, cuatro de las cuales están ubicadas en el río principal Chiriquí: Paja Sombrero, La Esperanza, Hornitos (Presa Fortuna) y Bijao, y dos están localizadas en sus principales tributarios, a saber: La Estrella en el río Los Valles y Hornitos en el río Hornitos. En la siguiente tabla se presentan las características más importantes de las estaciones hidrológicas.

**Tabla 6-12: Características más importantes de las estaciones de aforo.**

Nomenclatura	Río	Lugar	Área (km <sup>2</sup> )	Elevación msnm)	Coordenadas		Fecha de Inicio	Fecha Eliminada
					Norte	Oeste		
108-01-01	Chiriquí	Paja Sombrero	305	320	8° 41' 22"	82° 19' 36"	feb-58	
108-01-03	Chiriquí	La Esperanza	682	200	8° 35' 31"	82° 20' 11"	jul-65	
108-01-04	Chiriquí	Hornitos	156	997	8° 44' 00"	82° 14' 00"	jun-66	feb-84
108-01-05	Chiriquí	Bijao	55.6	1101	8° 44' 42"	82° 09' 58"	nov-77	
108-02-06	Caldera	Jaramillo Abajo	136	1000	8° 44' 47"	82° 25' 22"	ene-74	
108-07-01	Los Valles	La Estrella	50.3	635	8° 43' 14"	82° 21' 44"	ago-75	
108-09-01	Hornitos	Hornitos	22.1	1170	8° 43' 06"	82° 13' 42"	mar-82	

Fuente: Diceasa, 2020.

La estación Hornitos en el río Chiriquí estuvo local aproximadamente 2 kilómetros aguas arriba de la Presa de Fortuna. La estación tiene información desde 1966 hasta diciembre de 1983. La estación quedó inundada con la construcción de la Presa de Fortuna. El área de drenaje hasta la presa de Fortuna es de 166 km<sup>2</sup>. Para la homogenización de la serie de caudales de la estación Hornitos en el río Chiriquí correspondiente al periodo 1970-1983, los caudales de esta estación fueron trasladados hasta la presa de Fortuna por relación de área y de 1984 en adelante se consideraron los aportes estimados en la Presa de Fortuna mediante balance hídrico. Esta información fue suministrada por ETESA.

La estación La Esperanza está localizada entre la confluencia del río Chiriquí con el río Caldera y la confluencia con el tributario Barrigón; y, Paja de Sombrero, aguas arriba de la confluencia del Río Los Valles con el río Chiriquí. A partir del cierre de compuerta de la Hidroeléctrica de Fortuna, en marzo de 1984, ambas estaciones sólo registran el aporte de la subcuenca Presa de Fortuna hasta el sitio de la estación, más los vertidos. Para homogenizar las series de caudal de ambas estaciones, los caudales anuales registrados en cada estación, se les agregaron los caudales turbinados en la Hidroeléctrica Fortuna más los vertidos. Esta información fue suministrada por ETESA.

## Estudio de Impacto Ambiental Categoría III – Proyecto Eólico Tramontana Power

En el siguiente cuadro, se presentan los caudales promedios anuales de las seis estaciones hidrológicas, los cuales fueron revisados, corregidos, rellenados y extendidos hasta completar el periodo de análisis 1970-2019.

**Tabla 6-13: Caudales promedio anuales m<sup>3</sup>/s, estaciones de aforo, subcuenca del río Chiriquí**

Caudales promedios anuales en m <sup>3</sup> /s Estaciones de Aforo ubicadas en la Cuenca del río Chiriquí							
Año	Caldera Jaramillo Abajo A = 136 km <sup>2</sup>	Fortuna A= 166 km <sup>2</sup>	Chiriquí Paja Sombrero A=305 km <sup>2</sup>	Los Valles A=50.3 km <sup>2</sup>	Chiriquí La Esperanza A = 682 km <sup>2</sup>	Hornitos Hornitos A = 22.1 km <sup>2</sup>	Chiriquí Bijao A = 55.6 km <sup>2</sup>
1970	14.80	42.5	61.7	8.44	109	5.03	14.02
1971	10.24	25.4	40.4	5.84	75.3	3.00	8.38
1972	7.26	22.9	34.6	4.14	53.4	2.71	7.56
1973	12.92	32.9	54.9	7.37	95.0	3.89	10.85
1974	9.34	27.9	39.5	5.32	68.7	3.30	9.21
1975	12.17	30.6	47	6.94	89.6	3.61	10.08
1976	10.51	30.9	44.6	4.48	66.9	3.65	10.17
1977	7.73	24.0	32.1	4.44	58.4	2.83	7.90
1978	9.36	23.5	37.3	6.64	66.9	2.78	7.81
1979	11.68	26.5	42.5	6.62	94.1	3.13	8.06
1980	11.51	27.3	41.0	5.54	77.2	3.22	8.83
1981	12.94	31.8	45.1	7.04	84.7	3.76	9.93
1982	8.19	21.7	29.9	4.32	61.9	2.73	7.53
1983	7.80	18.2	26.6	4.08	54.2	2.00	6.49
1984	11.47	33.9	49.5	7.22	93.2	3.35	9.17
1985	7.79	20.0	29.3	4.49	58.0	2.67	6.95
1986	9.51	25.4	39.9	5.21	67.2	3.39	9.01
1987	8.38	22.3	30.2	4.41	56.8	2.72	7.83
1988	13.44	28.2	46.3	7.38	95.3	4.90	9.08
1989	9.28	26.6	35.9	5.45	70.3	3.58	9.36
1990	9.05	26.7	37.3	5.43	70.1	3.16	10.00
1991	7.28	25.1	33.6	4.59	59.2	2.97	8.54
1992	8.23	24.4	30.2	2.65	52.9	2.88	8.02
1993	10.13	26.5	37.4	5.42	71.1	3.13	8.71
1994	9.77	26.9	32.8	5.42	67.4	3.18	9.01
1995	9.85	22.5	38.9	7.56	83.3	2.66	7.05
1996	11.93	32.3	48.6	7.10	91.6	3.82	10.7
1997	10.04	33.6	40.8	5.52	78.1	3.27	11.3
1998	10.34	23.2	34.4	6.05	91.6	2.81	6.78
1999	12.61	35.3	50.9	7.38	78.1	4.60	10.27
2000	11.56	31.2	39.5	6.50	74.4	3.40	8.97
2001	10.39	29.8	37.6	5.93	67.9	3.12	10.25
2002	11.07	36.0	48.0	6.62	82.6	4.04	13.91
2003	10.61	25.8	37.9	6.35	64.31	2.85	8.68
2004	11.93	33.1	44.8	4.41	75.88	3.36	13.35
2005	10.95	31.1	44.1	4.00	93.61	4.14	12.73
2006	8.35	27.5	36.3	5.82	75.03	3.32	10.75
2007	11.54	29.0	43.3	6.82	70.95	3.14	11.49
2008	12.43	25.2	43.6	7.48	83.83	3.71	12.21
2009	11.54	33.6	48.4	6.35	72.77	3.22	14.71
2010	11.72	34.8	46.6	6.61	112.73	4.99	12.08
2011	10.4	31.7	47.1	5.66	88.87	3.93	10.72
2012	9.4	35.9	31.7	5.09	59.69	2.64	12.15
2013	9.4	16.7	30.3	5.09	57.18	2.53	5.65
2014	9.2	20.2	27.7	5.01	52.23	2.31	6.84
2015	6.3	19.4	26.6	3.44	50.09	2.22	6.56
2016	8.9	29.2	32.4	4.80	61.10	2.70	9.87
2017	11.0	32.2	41.0	5.99	77.25	3.42	10.89
2018	5.8	31.9	27.0	3.94	50.85	2.25	10.79
2019	6.3	21.3	29.5	4.31	55.61	2.46	7.22
Promedio	10.1	27.9	39.1	5.65	73.3	3.25	9.57
q(l/s/km <sup>2</sup> )	74	165	131	115	110	147	172
Estimado mediante el método de dobles acumuladas							
Estimado mediante el método de balance hídrico							

Fuente: Diceasa, 2020.



• **Mapa de Caudales específicos (litros/segundo/km2)**

Para estimar el caudal medio anual en cada una de las subcuencas se utilizó el método del balance hídrico superficial, para el cual se verificó el mapa de isoyetas tomando como bueno los registros de caudal. Se calculó la precipitación media (mm) en cada subcuenca, además, se tomó en cuenta la ETP estimada, los cuales fueron transformados en Evapotranspiración Real (ETR) en mm, considerando la precipitación media de la cuenca.

En el **cuadro siguiente** se presentan los resultados. Las variables identificadas en el cuadro son el área de drenaje (A en Km<sup>2</sup>), la precipitación media de la cuenca (P en mm), estimada mediante el método de Isoyetas; las pérdidas anuales por evapotranspiración (ETR en mm); la escorrentía media anual medida (R en mm) y la estimada mediante balance hídrico (R<sub>est.</sub>), y, por último, el % de error absoluto que, oscila entre 0.3% y 8%.

**Tabla 6-14: Balance hídrico superficial en la cuenca del río Chiriquí hasta La Esperanza**

Balance Hídrico Superficial en la cuenca del río Chiriquí hasta La Esperanza									
Subcuenca - Estación	Q (m³/s) (1970-2019)	Área (Km2)	R (medido) (mm)	ETR (mm)	P (Isoyetas) (mm)	R <sub>est.</sub> (Balance) (mm)	Rendimiento q(l/s/km2)	error (%)	coef escorrentia
Chiriquí Bijao	9.57	55.6	5428	738	<b>6597</b>	5859	<b>172</b>	-7.9	0.82
Chiriquí hasta Fortuna	27.9	166	5300	811	<b>6007</b>	5196	<b>168</b>	2.0	0.88
Chiriquí (Fortuna - Bijao- Hornitos)	15.1	88.3	5386	836	<b>5789</b>	4953	<b>171</b>	8.0	0.93
Chiriquí Paja de Sombrero (toda la cuenca)	39.1	305	4043	903	<b>4991</b>	4088	<b>128</b>	-1.1	0.81
Chiriquí (Paja de Sombrero - Fortuna)	11.2	139	2541	1028	<b>3692</b>	2664	<b>81</b>	-4.9	0.69
Chiriquí La Esperanza (toda la cuenca)	73.3	682	3389	947	<b>4265</b>	3318	<b>107</b>	2.1	0.79
Chiriquí (La Esperanza - Paja Som - Caldera - Los Valles)	18.5	190.7	3051	1135	<b>3990</b>	2855	<b>97</b>	6.4	0.76
Hornitos Hornitos	3.25	22.1	4638	831	<b>5455</b>	4624	<b>147</b>	0.3	0.85
Caldera Jaramillo Abajo	10.1	136	2342	852	<b>3127</b>	2275	<b>74</b>	2.9	0.75
Los Valles - La Estrella	5.65	50.3	3542	835	<b>4293</b>	3458	<b>112</b>	2.4	0.83

Fuente: Diceasa, 2020.

Los caudales promedios anuales (Q en m³/s) en los sitios de interés en este estudio se estimaron mediante el balance hídrico superficial. Se considera que el error de los caudales estimados en cualquier sitio debe tener el mismo orden de magnitud de los errores obtenidos en los sitios de las estaciones de aforo, es decir, menor de 8 %.

Los caudales específicos o rendimiento de la cuenca se calcularon partiendo de la cabecera de la cuenca hacia aguas abajo, tal y como se muestra en la figura siguiente. A toda subcuenca se le hizo corresponder un valor de q dado por:

$$q_{i+1} = (Q_{i+1} - \sum Q_i) * 1000 / (A_{i+1} - \sum A_i)$$

Siendo:

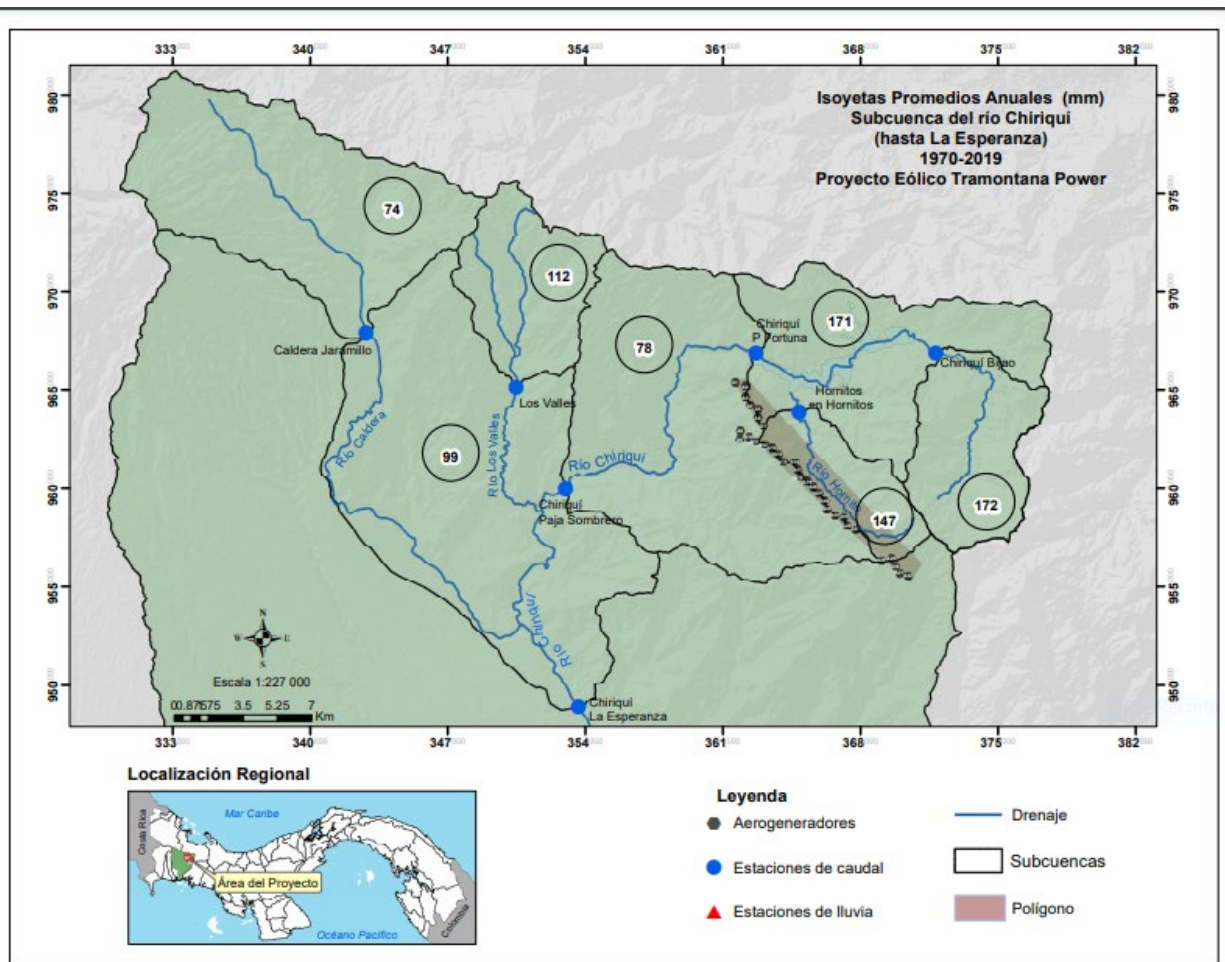
$Q_{i+1}$  = Caudal observado en el punto  $i+1$

$Q_i$  = Caudales observados en los puntos  $i$  que limitan la cuenca aguas arriba

$A_{i+1}$  = Superficie de la cuenca total controlada por el punto  $i+1$

$A_i$  = Superficies de las cuencas controladas por los puntos  $i$

Figura 6-18: Caudales específicos (litros/s/km<sup>2</sup>). Cuenca del río Chiriquí hasta La Esperanza



Fuente: Diceasa, 2020.

Se observa que el rendimiento de la cuenca varía entre 74 l/s/km<sup>2</sup>, en la cuenca del Río Caldera y 172 l/s/km<sup>2</sup> en Bijao. En el área del polígono el rendimiento es de 147 litros /s/km<sup>2</sup>, que corresponde a la subcuenca del río Hornitos. Sin embargo, los aerogeneradores se encuentran ubicados a lo largo del límite de la subcuenca Fortuna-Paja Sombrero. En la subcuenca aguas abajo de la Presa Fortuna hasta Paja Sombrero el rendimiento disminuye drásticamente de 168 litros/s/km<sup>2</sup>, hasta la Presa Fortuna, a

78 litros/s/km<sup>2</sup>, se debe a que la precipitación disminuye hasta registrar valores de 3000 mm al año, como es el caso de la estación La Cordillera.

El área del polígono tiene una extensión de 19 km<sup>2</sup>, considerando que se encuentra ubicado en la cuenca del río Hornitos cuyo caudal específico promedio anual de 147 litros por segundo, esto quiere decir, que área del polígono aporta al sistema un caudal promedio anual aproximado de 2.8 m<sup>3</sup>/s, que independientemente de los árboles que por requerimiento del proyecto deberían ser reemplazado en otro lugar, como medida de mitigación, ese caudal se mantiene debido a que las lluvias no van a variar en esa zona<sup>1</sup>.

- **Análisis de Crecidas Máximas**

En 1986 el Departamento de Hidrometeorología del IRHE preparó una metodología para el análisis regional de crecidas máximas<sup>2</sup>, el mismo fue actualizado en el 2008<sup>3</sup>, con la finalidad de aplicarla a otras áreas donde no se dispone de registros hidrológicos. Esta metodología consistió en la preparación del mapa de regionalización de crecidas, considerando los aspectos siguientes:

- a) Compilación de la información de las crecidas máximas anuales.
- b) Revisión, relleno y extensión de la información anual de caudales máximos instantáneos.
- c) Determinación de las relaciones que definen la crecida media anual y el área de la cuenca.
- d) Elaboración de las curvas de frecuencia adimensional generalizadas.
- e) Delimitación de las regiones hidrológicamente homogéneas, elaboración del mapa que muestra las distintas regiones.
- f) Aplicación del análisis regional de la frecuencia de crecidas máximas.
- g) Comparación con otros métodos.

Sin embargo, las cuencas utilizadas para el análisis regional de crecidas máximas eran todas muy grandes, (mayores de 100 km<sup>2</sup>), en comparación con las del Polígono Eólico por lo que es necesario en futuros estudios incluir estaciones con áreas de menor superficie.

Por el momento, para estimar las crecidas de los ríos y quebradas que se encuentran en la ruta de los aerogeneradores, se recomienda utilizar la metodología “Análisis Regional de Crecidas Máximas”,

---

<sup>1</sup> Influencia de las masas boscosas en el régimen hídrico de una cuenca semiárida, Chile

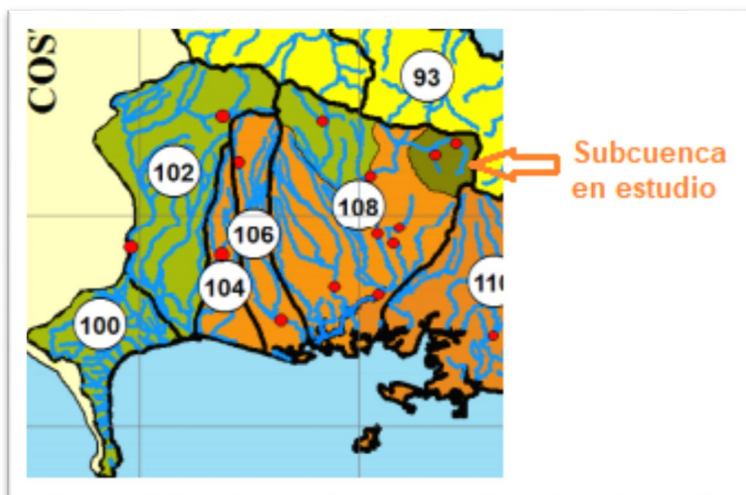
<sup>2</sup> IRHE (junio de 1986), Análisis Regional de Crecidas Máximas, Sección de Hidrología, Departamento de Hidrometeorología, Panamá.

<sup>3</sup> ETESA, Gerencia de Hidrometeorología, Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá, Periodo 1971-2006.

---

actualizado por ETESA en el 2008, que, de acuerdo con la ubicación de la zona en estudio, y al mapa de Regionalización, le corresponde la Zona 2, ecuación 1 y Tabla de frecuencia 3.

Figura 6-19: Regiones hidrológicamente homogéneas.



Fuente: Diceasa, 2020.

Tabla 6-15: Análisis regional de Crecidas Máximas. Zonas hidrológicamente homogéneas

Zona	Número de ecuación	Ecuación	Distribución de frecuencia
1	1	$Q_{\text{máx}} = 34A^{0.59}$	Tabla # 1
2	1	$Q_{\text{máx}} = 34A^{0.59}$	Tabla # 3
3	2	$Q_{\text{máx}} = 25A^{0.59}$	Tabla # 1
4	2	$Q_{\text{máx}} = 25A^{0.59}$	Tabla # 4
5	3	$Q_{\text{máx}} = 14A^{0.59}$	Tabla # 1
6	3	$Q_{\text{máx}} = 14A^{0.59}$	Tabla # 2
7	4	$Q_{\text{máx}} = 9A^{0.59}$	Tabla # 3
8	5	$Q_{\text{máx}} = 4.5A^{0.59}$	Tabla # 3
9	2	$Q_{\text{máx}} = 25A^{0.59}$	Tabla # 3

Fuente: Diceasa, 2020

Tabla 6-16: Factores para diferentes periodos de retorno en años

<i>Factores <math>Q_{m\acute{a}x.}/Q_{prom.m\acute{a}x}</math> para distintos <math>Tr</math>.</i>				
<i>Tr, años</i>	<i>Tabla # 1</i>	<i>Tabla # 2</i>	<i>Tabla # 3</i>	<i>Tabla # 4</i>
1.005	0.28	0.29	0.3	0.34
1.05	0.43	0.44	0.45	0.49
1.25	0.62	0.63	0.64	0.67
2	0.92	0.93	0.92	0.93
5	1.36	1.35	1.32	1.30
10	1.66	1.64	1.6	1.55
20	1.96	1.94	1.88	1.78
50	2.37	2.32	2.24	2.10
100	2.68	2.64	2.53	2.33
1,000	3.81	3.71	3.53	3.14
10,000	5.05	5.48	4.6	4.00

Fuente: Diceasa, 2020

Siguiendo el procedimiento, una vez determinada la quebrada o río que requiera estimar los caudales máximos para diferentes periodos de retorno, primero se determina el área promedio utilizando la ecuación:

$$Q_{m\acute{a}x} \text{ promedio} = 34 * A^{0.59},$$

Donde A es el área de drenaje en km<sup>2</sup>

El siguiente paso es determinar las crecidas para diferentes periodos de retorno

Utilizando la tabla de frecuencia #3, multiplicando el correspondiente factor, según el periodo de recurrencia que nos interesa, por el caudal máximo promedio.

En estos casos de cuencas muy pequeñas, lo ideal sería aplicar el método Racional, pero lamentablemente no se dispone información pluviográfica en la zona en estudio, para la elaboración de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia, necesaria para la aplicación del método.

#### 6.6.1.b. Corrientes, mareas y oleajes

El sitio donde se ubica el proyecto se ubica en tierra firme y se encuentra a una distancia considerable de la costa, por lo cual no está sujeto al análisis de corrientes, mareas y oleajes.

### **6.6.2 Aguas Subterráneas**

En el alineamiento de los aerogeneradores del proyecto no existen fuentes de agua subterránea. El nacimiento de algunas fuentes de agua se ubica mucho más debajo de esta zona. Por otro lado, en la zona no existen datos de prospección de aguas subterráneas que permitan cuantificar su magnitud, debido principalmente a que los estudios se enfocan en los cuerpos de agua superficial como principal recurso que es aprovechado. No obstante, según el Atlas Ambiental de la República de Panamá del año 2016, la hidrogeología del área donde se localiza el proyecto está representada por unidades de acuíferos, cuya producción se restringe a zonas fracturadas, está conformada por andesitas/basaltos, tobas, brechas, dacitas, ignimbritas y aglomerados.

#### **6.6.2.a. Identificación del acuífero**

En estos acuíferos la unidad lávica es muy compacta y en el caso de los productos volcánicos fragmentarios hay una intensa argilización y respuesta plástica al fallamiento, por lo que no hay apenas desarrollo de la fisuración. La alteración meteórica produce suelos arcillosos, de variado espesor, apoyados directamente sobre rocas compactas.

Estos acuíferos se caracterizan por ser zonas fracturadas conformados por una mezcla de rocas volcánicas fragmentarias consolidadas y poco consolidadas sobrepuestas a rocas ígneas consolidadas. Los pozos más productivos se localizan en zonas fracturadas. La calidad química de las aguas generalmente es buena.

## **6.7 CALIDAD DEL AIRE**

Con el fin de conocer los niveles de calidad de aire presentes en el área del proyecto se realizaron mediciones de la concentración de material particulado menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>), en seis sitios ubicados en el área de influencia del proyecto. En cuatro sitios del área de influencia indirecta del proyecto, se realizaron mediciones de gases contaminantes (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO), para conocer la calidad del aire ambiente.

### **Material particulado**

Las mediciones de material particulado (PM<sub>10</sub>) en el aire fueron realizadas en un periodo de 1 hora por punto. Estas se realizaron bajo condiciones normales. La selección de las estaciones consideró la proximidad de receptores a las facilidades del proyecto, las características del suelo y la vegetación



que podría verse afectada por los contaminantes.

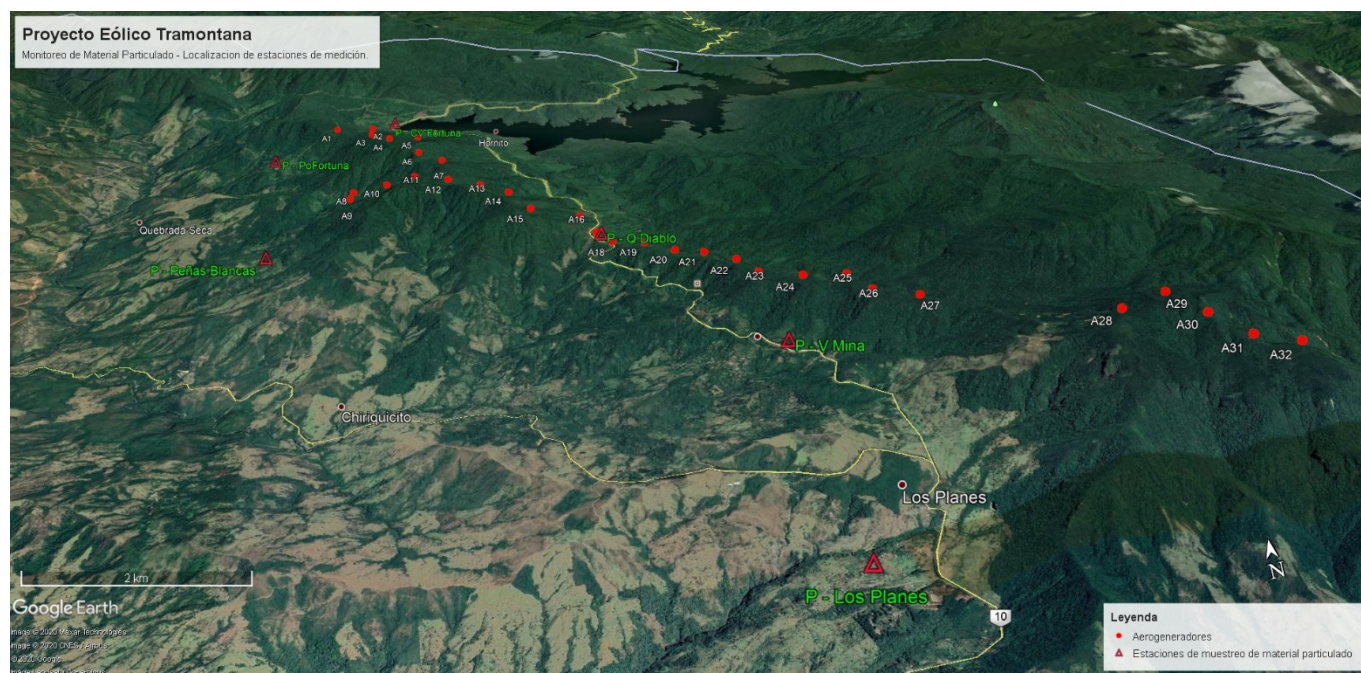
Tabla 6-17: Ubicación de puntos de muestreo de calidad de aire (Material Particulado)

No estación	Descripción	Coordenadas UTM (WGS 84)	
		Norte	Este
P1	Quijada del Diablo (centro de polígono del proyecto)	364831	960819
P2	Supermercado Valle de la Mina	366317	957906
P3	Escuela de Fortuna	360705	964962
P4	Centro de Visitantes Fortuna	362432	966379
P5	Frente a Iglesia de Los Planes	365933	954399
P6	Vivienda en Peñas Blancas	360781	961789

Fuente: Diceasa, 2020.

En la siguiente figura, se muestra la ubicación de las dos estaciones de muestreo calidad del aire y de las cinco estaciones de muestreo de material particulado.

Figura 6-20: Ubicación de estaciones de monitoreo de calidad de aire



Fuente: Diceasa, 2020.

Los monitoreos se realizaron, utilizando medidor de partículas marca CEM DT-96 debidamente calibrado. El monitoreo comprendió los parámetros de partículas suspendidas en el aire con un diámetro aerodinámico de 10 micras ( $\mu\text{m}$ ) o menos ( $\text{PM}_{10}$ ). El  $\text{PM}_{10}$  se genera durante las actividades de movimiento de tierra durante construcción del proyecto.

Figura 6-21: Instalación de estaciones de monitoreo de calidad de aire



Fuente: Dawcas Ideas Renovables S.A, 2020.

A continuación, se muestran las concentraciones material particulado-registradas en cada estación de muestreo.

Tabla 6-18: Resultados del contenido de gases en el aire

No estación	Contaminante	Concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Anteproyecto de Calidad de Aire de República Panamá.	de Guías Banco Mundial / Guías OMS
1.Quijada del Diablo (centro de polígono del proyecto)	PM 2.5	3.5	PM 2.5: 24 horas – 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>**PM 2.5: 24 horas – 25 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
	PM10	7.3		
2.Supermercado Valle de la Mina	PM 2.5	2.0		
	PM10	5.0		
3.Escuela de Fortuna	PM 2.5	1.0	PM 10: 24 horas – 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>**PM 10: 24 horas – 150 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
	PM10	2.8		
4.Centro de Visitantes Fortuna	PM 2.5	3.3		
	PM 10	7.4		
5.Frente a Iglesia de Los Planes	PM 2.5	0.3		
	PM10	1.1		
6.Vivienda en Peñas Blancas	PM 2.5	0.5		
	PM10	1.8		

Dawcas Ideas Renovables S.A, 2020

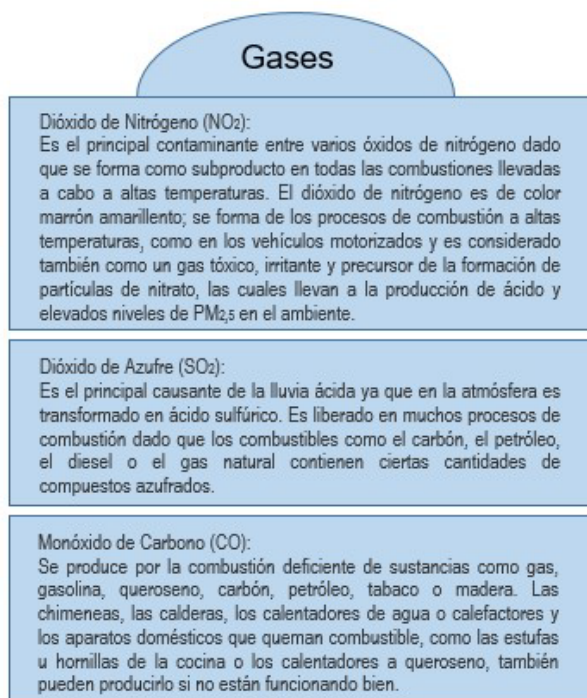
### **Gases contaminantes**

Se llevó a cabo la caracterización del componente atmosférico –Calidad del Aire– para la línea base del proyecto eólico Tramontana de 160 MW. Se determinó las concentraciones de NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO en cuatro sitios del área de influencia.

Los gases monitoreados son los contaminantes regularmente medidos en estaciones de monitoreo y controlados en las emisiones de fuentes antropogénicas, a través de normas de calidad del aire y normas de emisión.

En la Figura 6-23, se detallan los contaminantes monitoreados para el proyecto en el cual se destacan 2 grandes grupos material particulado de los cuales hace parte el PM10 y PM2.5, mientras los dióxidos de nitrógeno, de azufre, monóxido de Carbono y ozono, los cuales hacen parte de los gases presentes en el estudio. (Santander, 2010)

**Figura 6-22: Características de los gases contaminantes monitoreados**



Fuente: (Santander, 2010).

Se evaluó la calidad del aire en la zona del proyecto, empleando equipos analizadores automáticos, con los cuales se procedió a determinar la variación de la concentración de los componentes en el aire. Con los resultados obtenidos del monitoreo se analizó con los valores vigentes, comprobando que los valores registrados, no sobrepasaron los niveles máximos permisibles.



Figura 6-233: Monitoreo de gases contaminantes



Fuente: Diceasa, 2020.

La mediciones de gases contaminantes se llevaron a cabo en los siguientes sitios:

Tabla 6-18: Ubicación de puntos de muestreo de gases contaminantes

No estación	Descripción	Coordenadas UTM (WGS 84)	
		Norte	Este
<b>P2</b>	Supermercado Valle de la Mina	366317	957906
<b>P3</b>	Escuela de Fortuna	360705	964962
<b>P4</b>	Centro de Visitantes Fortuna	362432	966379

Fuente: Diceasa, 2020.

A continuación, se muestran los resultados el monitoreo realizado:

Tabla 6-20: Resultados de monitoreo de gases

No estación	Contaminante	Concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3$	*Límite máximo permisible.
LOS PLANES	NO <sub>2</sub>	51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	CO	32 ppm	35 ppm
	SO <sub>2</sub>	123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

No estación	Contaminante	Concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3$	*Límite máximo permisible.
VALLE LA MINA	NO2	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	CO	29 ppm	35 ppm
	SO2	124 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
CENTRO DE VISITANTES DE FORTUNA	NO2	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	CO	27 ppm	35 ppm
	SO2	130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
POBLADO DE FORTUNA	NO2	39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	CO	22 ppm	35 ppm
	SO2	121 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

\*Guías de Calidad e Aire OMS relativas al material Particulado, el Ozono O3, El Dióxido de Nitrógeno NO2, y Dióxido de Azufre SO2. Actualización Mundial del 2005, Organización Mundial de la Salud. Fuente: Laboratorio de Mediciones Ambientales, 2020, cuadro preparado por Diceasa, 2020

Algunos usos de la tierra se consideran más sensibles a la contaminación del aire que otros, debido a los tipos de grupos de población o actividades involucradas. Los niños, las mujeres embarazadas, los ancianos, las personas con problemas de salud existentes y los atletas u otras personas que realizan ejercicio frecuente son especialmente vulnerables a los efectos de la contaminación del aire. En consecuencia, los usos de la tierra que normalmente se consideran receptores sensibles incluyen escuelas, guarderías, parques y patios de recreo e instalaciones médicas.

Las áreas residenciales se consideran sensibles a la contaminación del aire porque los residentes (incluidos los niños y los ancianos) tienden a estar en casa durante períodos prolongados, lo que resulta en una exposición sostenida a los contaminantes presentes. Los usos recreativos de la tierra al aire libre se consideran moderadamente sensibles a la contaminación del aire. El ejercicio impone una gran demanda a las funciones respiratorias, que pueden verse afectadas por la contaminación del

aire, aunque los períodos de exposición durante el ejercicio son generalmente cortos. Además, la contaminación del aire notable puede restar valor al disfrute de la recreación al aire libre. Las áreas industriales y comerciales se consideran las menos sensibles a la contaminación del aire. Los períodos de exposición son relativamente cortos e intermitentes porque la mayoría de los trabajadores tienden a permanecer en el interior la mayor parte del tiempo.

El área del proyecto es considerada como rural. La residencia más cercana a uno de los generadores de turbina eólica del proyecto propuesto (WTG) está aproximadamente a más de un kilómetro de distancia en línea recta.

Con base a los resultados obtenidos y las condiciones ambientales registradas, se concluye que, las concentraciones actuales de PM10 y gases se encuentran en cumplimiento con los límites máximos permisibles de Banco Mundial v. 2007 Environmental, Health, and Safety General Guidelines y Guías de calidad ambiental de la OMS.

#### **6.7.1 Ruido y vibraciones**

Se realizó un monitoreo de ruido ambiental en puntos situados fuera del sitio del proyecto. Las mediciones fueron ejecutadas en un horario diurno y en horario nocturno. El monitoreo de ruido se llevó a cabo para identificar las condiciones existentes y el efecto del ruido sobre los receptores sensibles.

**Tabla 6-19: Ubicación de puntos de medición de ruido ambiental**

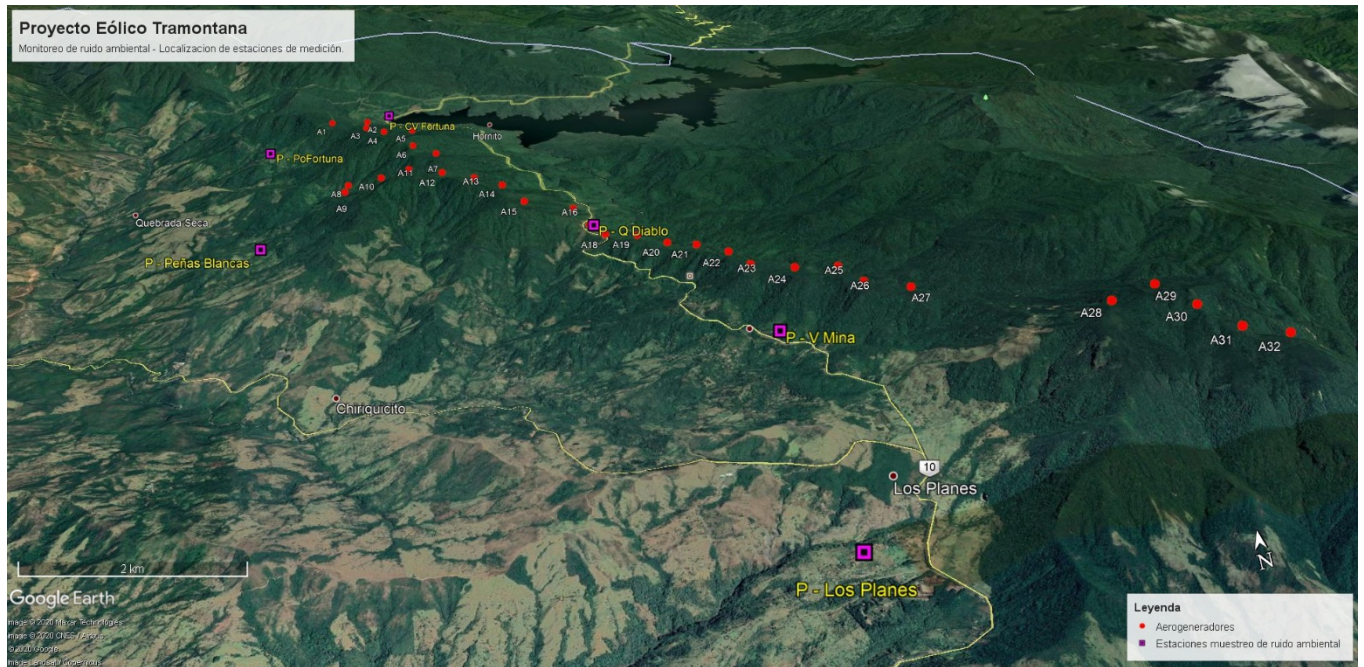
No estación	Descripción	Coordenadas UTM (WGS 84)	
		Norte	Este
<b>P1</b>	Quijada del Diablo (centro de polígono del proyecto)	364831	960819
<b>P2</b>	Supermercado Valle de la Mina	366317	957906
<b>P3</b>	Escuela de Fortuna	360705	964962
<b>P4</b>	Centro de Visitantes Fortuna	362432	966379
<b>P5</b>	Frente a Iglesia de Los Planes	365933	954399
<b>P6</b>	Vivienda en Peñas Blancas	360781	961789

Dawcas Ideas Renovables S.A, 2020

En figura siguiente se presentan la ubicación de los puntos de monitoreo elegidos, fuera del área del proyecto. En todos los puntos se realizaron mediciones.



Figura 6-24: Ubicación puntos de muestreo de ruido ambiental



Fuente: Diceasa, 2020.

Los monitoreos se realizaron, utilizando el sonómetro HD600 debidamente calibrado, con filtro para el viento. Cabe mencionar, que para cada punto de monitoreo se verificaron las condiciones ambientales con la ayuda de un anemómetro.

Figura 6-25: Mediciones de ruido ambiental



Dawcas Ideas Renovables S.A, 2020.

A continuación, se presentan los resultados de las mediciones de ruido ambiental realizadas. En anexos se presenta el Informe de Monitoreo de Ruido Ambiental desarrollado.

**Tabla 6-20: Resultados mediciones de ruido ambiental**

Sitios de Monitoreo		Muestreo Diurno			
		Valor sonoro		dB (A)	Valor Normado
		L <sub>máx</sub>	L <sub>mín</sub>	Leq	dB (A)
1	Quijada del Diablo (centro de polígono del proyecto)	81.80	48.30	65.19	60.0
2	Supermercado Valle de la Mina	87.80	50.70	63.93	
3	Escuela de Fortuna	82.00	41.30	52.00	
4	Centro de Visitantes Fortuna	87.40	59.10	65.07	
5	Frente a Iglesia de Los Planes	71.20	48.40	53.29	
6	Vivienda en Peñas Blancas	76.10	46.70	51.57	

Decreto Ejecutivo N° 306 de 4 de septiembre de 2002. El valor normado establece que los ruidos provenientes de industrias o comercios serán de 55-65 dB(A) en horario diurno y 55 decibeles en horario nocturno. Fuente: Dawcas Ideas Renovables S.A, 2020.

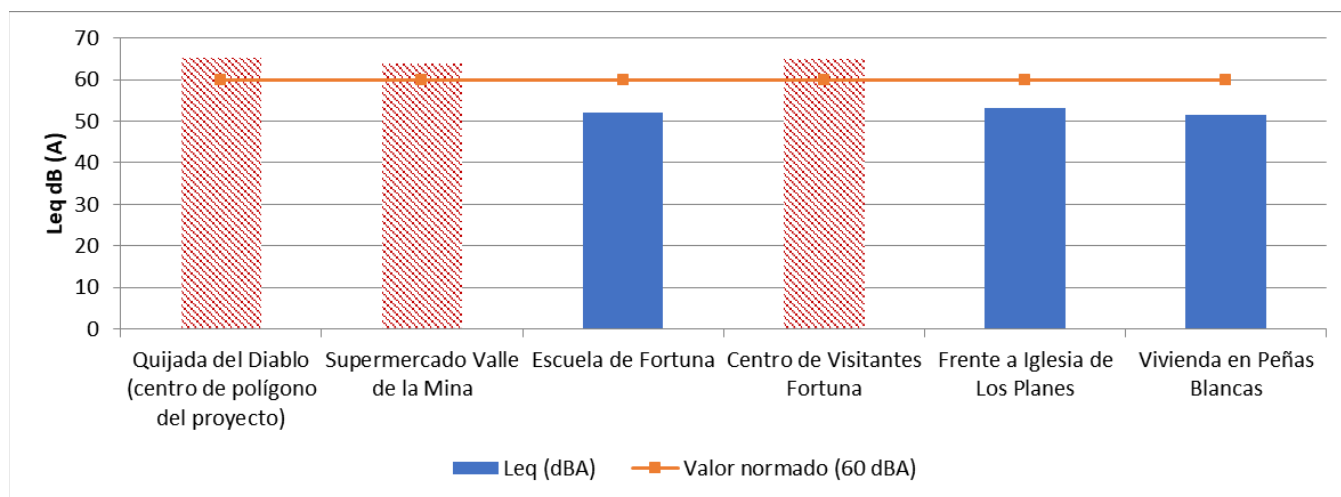
A partir de los resultados obtenidos del monitoreo diurno de ruido ambiental, se concluye que el nivel de ruido equivalente existente se encuentra entre los límites máximos permisibles del Decreto Ejecutivo N° 306 de 4 septiembre de 2002 en:

- Escuela del Poblado de Fortuna;
- Poblado de los Planes; y
- Poblado de Peñas Blancas.

En estos sitios muestreados, no se han identificado fuentes de ruido predominantes que no sean el proveniente de las actividades humanas cotidianas, y por el proveniente de sonidos naturales, como el susurro del viento, el follaje, los insectos y los pájaros. Estos tres sitios se caracterizan por ser poblados rurales, en donde las fuentes de ruido se caracterizan por la ausencia de fuentes fijas contaminantes y muy pocas fuentes móviles.

Los puntos ubicados sobre la carretera hacia Bocas del Toro exceden el límite máximo permisible dentro del horario diurno, debido al ruido excesivo l proveniente del tráfico vehicular tractores y camiones circulados por la vía. Cabe destacar que, durante el periodo de medición, se desarrollaban actividades constructivas de mantenimiento vial en la vía.

Gráfico 6-5: Resultados del monitoreo diurno



Fuente: Dawcas Ideas Renovables S.A., 2020.

Las locaciones ubicadas sobre la carretera a Bocas del Toro e influenciadas por el tráfico vehicular y las actividades de mantenimiento vial, presentan el mayor nivel de presión sonora en horario diurno, por lo cual la principal fuente de ruido se encuentra asociada al tránsito constante de todo tipo de vehículos.

Lo más cerca que se coloca una turbina eólica de una casa es de 300 metros o más. A esa distancia, una turbina tendrá un nivel de presión sonora de 43 decibeles. Para poner eso en contexto, el aire acondicionado promedio puede alcanzar 50 decibeles de ruido, y la mayoría de los refrigeradores funcionan a alrededor de 40 decibelios.

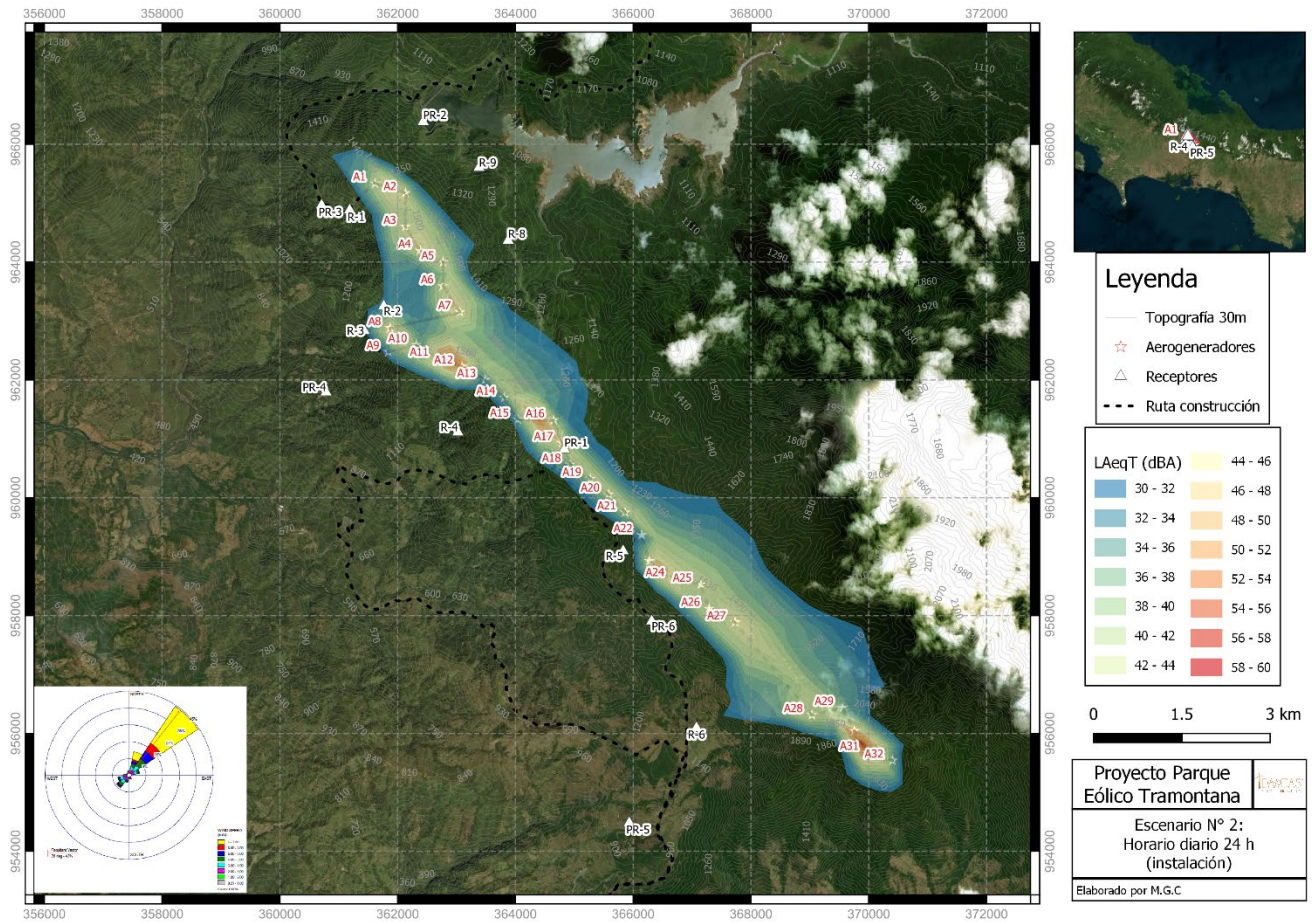
A 500 metros de distancia, ese nivel de presión sonora cae a 38 decibeles. En la mayoría de los lugares, el ruido de fondo varía entre 40 y 45 decibeles, lo que significa que el ruido de una turbina se perdería entre ellos. Para las zonas más tranquilas y rurales, el ruido de fondo es de 30 decibeles. A ese nivel, una turbina ubicada a una milla de distancia no se escucharía.

Para el ruido ambiental, se realizó la modelación para la fase de construcción y operación, que sustenta lo anteriormente expuesto.

La modelación de ruido se llevó a cabo, ya que se estima que aportará temporalmente elevados niveles de ruido, durante la etapa de construcción y operación del proyecto. Como resultado del modelo desarrollado para el Proyecto, los niveles de ruido ambiental no son significativos y sus niveles disminuyen a medida se alejan del área del proyecto.



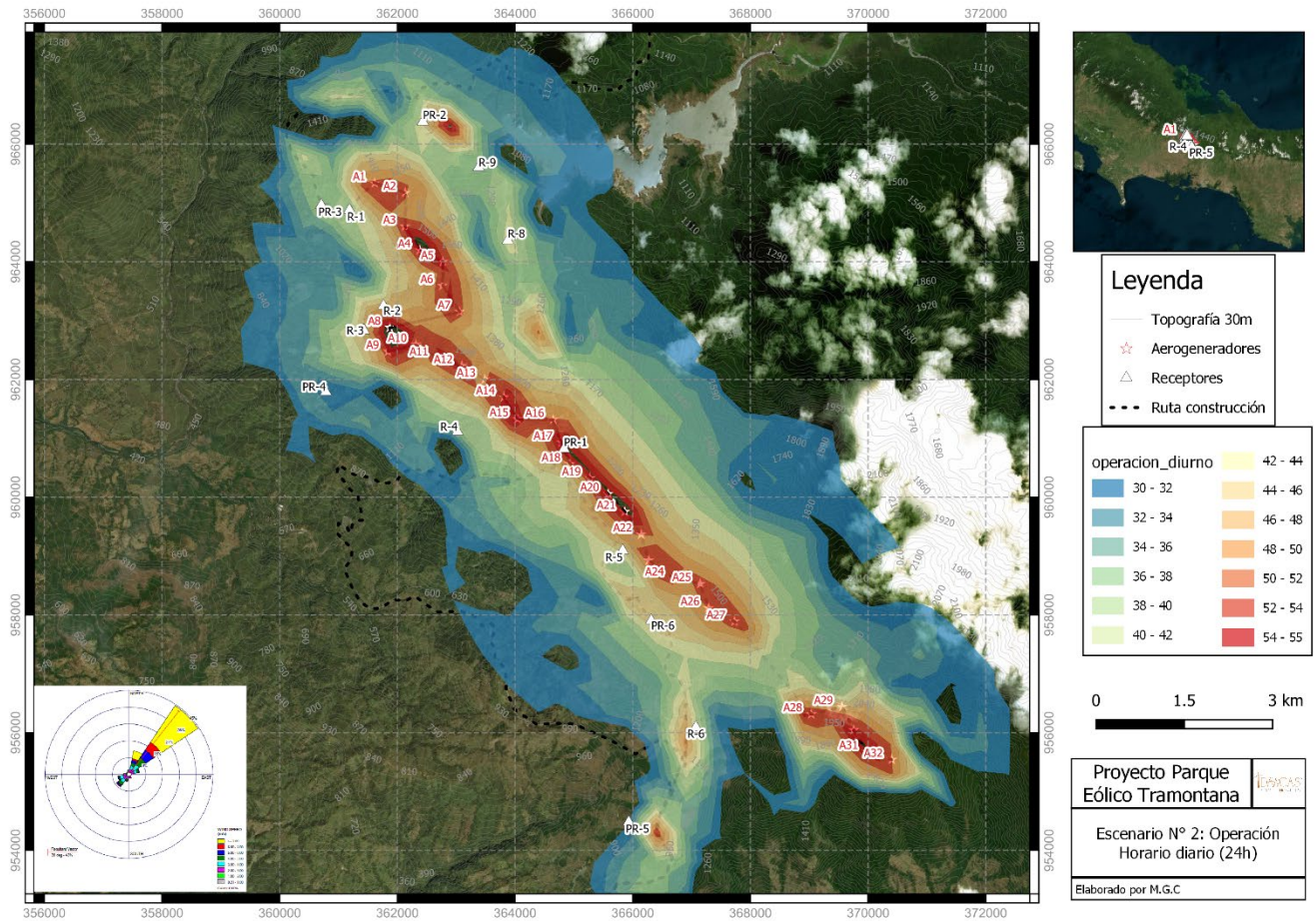
Figura 6-26: Modelación de ruido ambiental durante instalación de aerogeneradores.



Fuente: Diceasa, 2020.

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.

Figura 6-27: Modelación de ruido ambiental durante fase de operación



Fuente: Diceasa, 2020.

En la sección de anexos de este documento se presenta el informe completo de la modelación de ruido realizada para la fase de construcción y operación del Proyecto (Ver anexo Informe de Modelación de Ruido).

### 6.7.2 Olores

En el área del Proyecto, las fuentes de olores provienen de las emisiones de los equipos de combustión interna que transitan por la carretera hacia Bocas del Toro. No obstante, los olores generados por las emisiones fugitivas de estas fuentes son leves, siendo así que las condiciones meteorológicas presentes en esta zona le son favorables y provocan una buena dispersión que mitigan de manera natural dichos olores.

El lugar donde se emplazará el proyecto se encuentra cubierto de vegetación boscosa. Hay presencia de olores asociados a procesos naturales como el arrastre del suelo por efecto del aire y la descomposición de residuos de vegetación, especialmente en las áreas con abundante hojarasca y acumulación de agua (humedal circundante).

## **6.8 ANTECEDENTES SOBRE LA VULNERABILIDAD FRENTE A AMENAZAS NATURALES EN EL ÁREA**

El occidente chiricano es un área de relativa sismicidad debido a la subducción de la Placa de Nazca, la cual crea una zona sísmica de eventos profundos. En general la sismicidad de la región está controlada principalmente por tres factores: la presencia de fallas regionales, el volcanismo latente y la presencia de las placas tectónicas a nivel regional con sus procesos de lenta subducción. Cabe recalcar que no hemos apreciado en el terreno evidencias de movimientos de tierra o deslizamientos de grandes magnitudes recientes tales como árboles en posición inclinada, grietas en el suelo, sitios con manantiales dudosos, superficies de deslizamientos recientes y otros.

A pesar de que se han observado grandes bloques de roca producto de desprendimiento y caída por gravedad, podemos hablar de taludes y escarpes estables. La verticalidad de las paredes en el tramo de la carretera hacia el Embalse de Fortuna y cerca del Túnel de Casa de Máquinas habla por sí sola de la estabilidad actual del material.

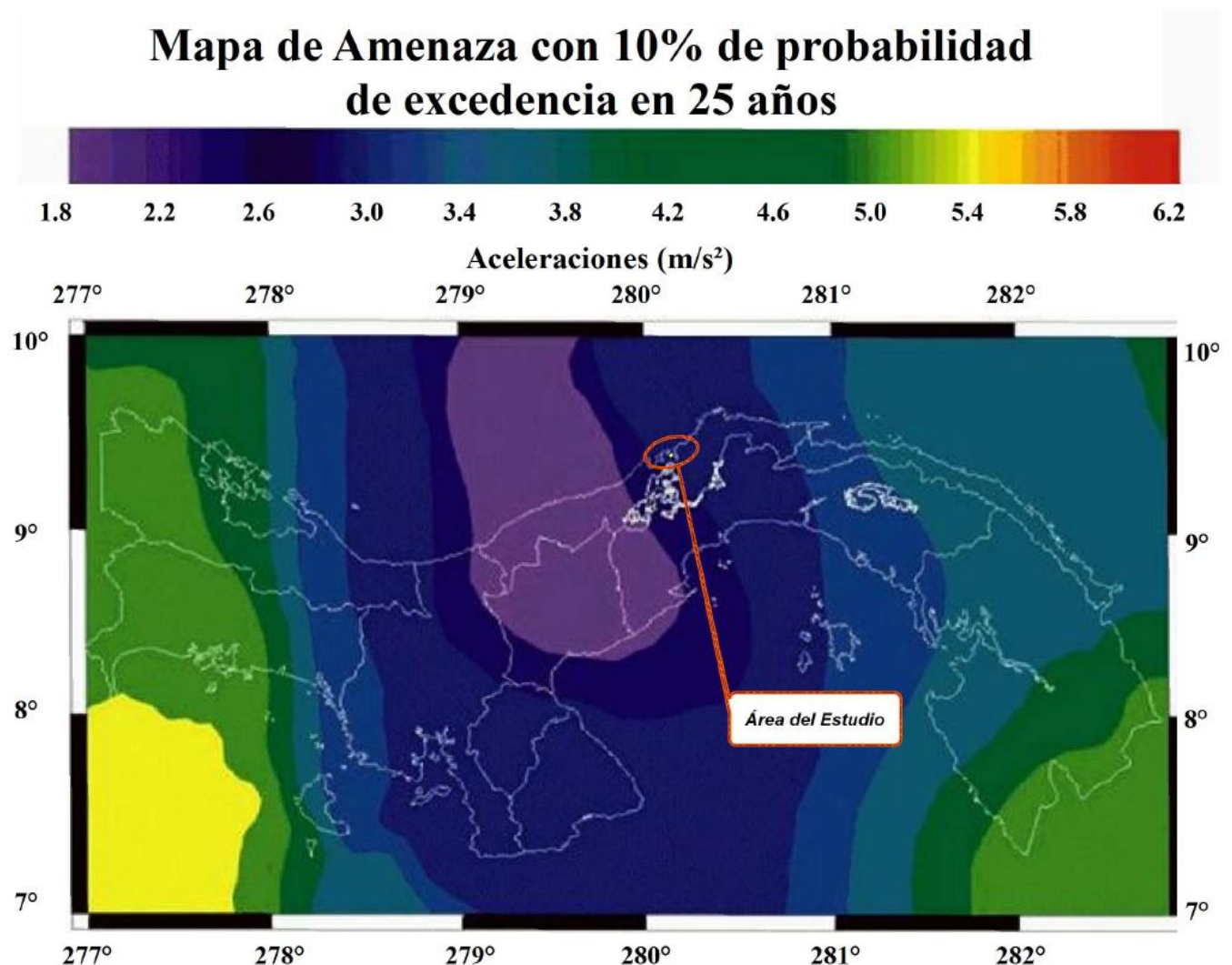
Debido a los conocimientos actuales sobre las magnitudes y alcance de la actividad sísmica podemos catalogar el área de interés como de aparente vulnerabilidad. En cuanto a erupciones volcánicas en el área de estudio, los conos volcánicos más grandes y jóvenes son los de Barú y Colorado a casi 35 Km. de distancia; este tipo de estructuras en las inmediaciones del área de interés no han sido reconocidos, sin embargo, el surgimiento de nuevos focos volcánicos no se puede descartar totalmente.

En conclusión, la mayor parte de las obras planificadas se encuentran localizadas en sectores de aparente vulnerabilidad que de darse una reactivación violenta de fenómenos magmáticos, volcánicos y tectónicos a nivel regional, pueden verse comprometidas. La reactivación de estos fenómenos es muy poco probable, pero no se puede descartar; no existen indicios reales o latentes de una reactivación a gran escala de la actividad magmato-volcánica en esta área.



El Mapa de Amenaza Sísmica para la República de Panamá confeccionado por el Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá, indica que el sector donde se ubica el proyecto es considerado de riesgo medio sísmico con una aceleración menor a  $4.2 \text{ m/s}^2$  en una escala que llega hasta  $6.2 \text{ m/s}^2$ .

Figura 6-28: Mapa de amenaza sísmica de Panamá



Fuente: Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá

## 6.9 IDENTIFICACIÓN DE LOS SITIOS PROPENSOS A INUNDACIONES

El emplazamiento del proyecto se localiza en el Valle de Hornito conformada por un conjunto de cerros altos, donde sobresale el Cerro Prieto de 1,709 msnm y el Cerro Hornito de 2,102 msnm. El área posee una topografía escarpada con pendientes pronunciadas que alcanzan los 2,100 msnm,

donde no se localizan cuerpos de aguas con antecedentes de inundaciones en sus colindantes próximos e inmediatos. Esto se debe a que, en la zona concesionada y donde se localiza el emplazamiento existen en su mayoría nacimientos de los ríos. Por lo tanto, el agua escurre aguas abajo y en dirección sur oeste fuera de la zona del proyecto. Por otro lado, cerca o en colindancia con el sitio del proyecto no existen asentamientos ni viviendas. Por ende, se concluye que no hay riesgos de inundaciones dentro del polígono establecido para el desarrollo del proyecto.

## **6.10 IDENTIFICACIÓN DE LOS SITIOS PROPENSOS A EROSIÓN Y DESLIZAMIENTOS**

El comportamiento de la precipitación en la zona donde se ubica el proyecto, ocurren eventos climáticos puntuales que sobrepasan hasta tres veces el valor promedio de la precipitación diaria durante la estación lluviosa de la zona, considerando estos valores como eventos extremos de precipitación marcando una variabilidad climática que tiende al alza en las concentraciones de lluvia diaria en la zona.

De acuerdo a los datos registrados de precipitación podemos observar que los eventos de variabilidad climática asociados a déficit de lluvia, principalmente sequía, no se llegan a distinguir en los registros, por lo que en el caso de variabilidad climática podemos concluir que la señal que se identifica es la influencia de eventos asociados a lluvias por encima de lo normal y cuando estos coinciden con años de La Niña tienden a ser lluvias que se pueden categorizar como lluvias extremas.

**Tabla 6-21: Ocurrencia de Eventos El Niño y La Niña**

<b>El Niño</b>				<b>La Niña</b>		
<b>Débiles</b>	<b>Moderados</b>	<b>Fuertes</b>	<b>Muy Fuertes</b>	<b>Débiles</b>	<b>Moderados</b>	<b>Fuertes</b>
1952-53	1951-52	1957-58	1982-83	1954-55	1955-56	1973-74
1953-54	1963-64	1965-66	1997-98	1964-65	1970-71	1975-76
1958-59	1968-69	1972-73	2015-16	1971-72	1995-96	1988-89
1969-70	1986-87	1987-88		1974-75	2011-12	1998-99
1976-77	1994-95	1991-92		1983-84		1999-00
1977-78	2002-03			1984-85		2007-08
1979-80	2009-10			2000-01		2010-11
2004-05				2005-06		
2006-07				2008-09		

El Niño				La Niña		
Débiles	Moderados	Fuertes	Muy Fuertes	Débiles	Moderados	Fuertes
2014-15				2016-17		
2018-19				2017-18		
2019-20						

Fuente: Diceasa, 2020.

De la información presentada relacionada con la precipitación en el sitio del proyecto, la erosión de los suelos se puede considerar como el factor principal para tomar en cuenta durante la construcción del proyecto. Para el caso del Proyecto Parque Eólico Tramontana se ha realizado un análisis de vulnerabilidad de la zona de emplazamiento de dicho proyecto para considerar las medidas de adaptación que puedan ser necesarias para optimizar la vida útil del proyecto y su buen desempeño. En este sentido se ha identificado una potencial amenaza en la zona de emplazamiento del proyecto y son los eventos de origen hidroclimático que generan exceso de lluvia, traduciéndose en impactos como deslizamientos e inundaciones.

Teniendo claro el panorama de la amenaza y los impactos, durante el análisis de vulnerabilidad se pudo demostrar que esta zona tiene una muy buena capacidad de respuesta (capacidad adaptativa), dada principalmente por la buena cobertura boscosa, una red de carreteras y caminos que da accesibilidad al proyecto y las características socioeconómicas y organizativa de la población permite accionar las respuestas de manera efectiva ante eventuales eventos de variabilidad climática o cambio climático.

Sobre la base de la información generada a continuación se identifican los siguientes bloques de trabajo donde se pueden implementar medidas de adaptación:

**Infraestructura:** El desarrollador del proyecto debe tener en consideración la principal amenaza relacionada con la variabilidad y el cambio climático y en esa línea poder desarrollar un plan que permita reducir al máximo los impactos sobre la red vial de acceso y comunicación interna en el polígono del proyecto, como por ejemplo programa de estabilización de laderas, programa de mantenimiento y mejora de carreteras y caminos, programa de mantenimiento y limpieza de cauces de ríos y quebradas para evitar concentración de material en los mismos.

**Prevención y control:** La implementación de medias de adaptación en este sentido permitirán que el área donde se desarrollará el proyecto mantenga esas condiciones apropiadas de sensibilidad ante

eventos de variabilidad y cambio climático y las mismas están dirigidas a tener un programa de monitoreo forestal que garantice la permanencia de la cobertura boscosa existente y aumento de la mismas en compensación a las que haya afectado de acuerdo a la normativa ambiental, el establecimiento de un sistema de alerta temprana acompañado de estaciones meteorológicas para la recopilación y sistematización de información climática actualizada en la zona del proyecto.

Diseño: Es muy importante que el desarrollador del proyecto tenga en consideración la variable de cambio y variabilidad climáticos al momento de diseñar la operación del proyecto Parque eólico Tramontana, teniendo en cuenta los eventos extremos que se proyecten durante la vida útil de la infraestructura por ejemplo grandes tormentas.

En atención a las medidas de adaptación identificadas y clasificada de acuerdo a los tres bloques previamente señalado es importante indicar que las mismas de una u otra manera serán identificadas como acciones temprana dentro del Plan de Manejo Ambiental (PMA) que debe presentarse en conjunto con el Estudio de impacto ambiental y esto obedece a que ya en la zona del proyecto se han identificado eventos de variabilidad climática importante que se deben considerar al momento de desarrollar el proyecto Parque Eólico Tramontana