

## Historial del Documento

| <b>Versión</b> | <b>Fecha Entrega</b> | <b>Descripción o Actualización</b>   | <b>Elaborado por</b>                 | <b>Revisado por</b>                     |
|----------------|----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|
| 0.0            | 01/09/2023           | Elaboración de documento             | Andrea Parra<br>Felipe Herrera       | Francisco Carrasco                      |
| 1.0            | 13/10/2023           | Ajuste a documento                   | Felipe Herrera                       | Adriana Jaramillo<br>Francisco Carrasco |
| 1.0            | 24/10/2023           | QA/QC redacción y estilo             | William Tabarez<br>Verónica Barreiro | Miguel Alemán                           |
| 2.0            | 11/11/2024           | Respuestas a observaciones del MAATE | Malena Rodríguez                     |   |
| 2.1            | 13/11/2024           | QA/QC redacción y estilo             | William Tabarez                      | Miguel Aleman                           |
| 3.0            | 09/01/2025           | Respuestas a observaciones del MAATE | Malena Rodríguez                     |   |
| 3.1            | 14/01/2025           | QA/QC redacción y estilo             | William Tabarez                      | Miguel Aleman                           |
|                |                      |                                      |                                      |   |
|                |                      |                                      |                                      |   |
|                |                      |                                      |                                      |   |
|                |                      |                                      |                                      |   |
|                |                      |                                      |                                      |   |

© ENTRIX. El derecho de autor en su totalidad y en cada parte de este pertenece a ENTRIX y no puede ser usado, vendido, transferido, copiado o reproducido en su totalidad o en parte de cualquier manera o forma o en cualquier medio a cualquier persona que no sea por acuerdo con ENTRIX.

Este documento es producido por ENTRIX únicamente para el beneficio y uso por parte del cliente de acuerdo con los términos del contrato suscrito entre las partes. ENTRIX no asume y no asumirá ninguna responsabilidad u obligación de ningún tercero derivado de cualquier uso por parte de terceros del contenido de este documento.

Página en blanco

## Tabla de Contenido

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| <b>3</b> | <b>Diagnóstico Ambiental Línea Base .....</b> | <b>3-1</b> |
| 3.1      | Componente Físico .....                       | 3-1        |
| 3.1.1    | Criterios Metodológicos .....                 | 3-1        |
| 3.1.2    | Climatología .....                            | 3-2        |
| 3.1.3    | Geología.....                                 | 3-16       |
| 3.1.4    | Geomorfología .....                           | 3-28       |
| 3.1.5    | Estabilidad Geomorfológica .....              | 3-33       |
| 3.1.6    | Tectónica.....                                | 3-35       |
| 3.1.7    | Vulcanismo.....                               | 3-36       |
| 3.1.8    | Sismicidad.....                               | 3-37       |
| 3.1.9    | Hidrogeología.....                            | 3-45       |
| 3.1.10   | Geotecnia.....                                | 3-65       |
| 3.1.11   | Ruido Ambiental.....                          | 3-73       |
| 3.1.12   | Suelos .....                                  | 3-89       |
| 3.1.13   | Calidad del Aire.....                         | 3-121      |
| 3.1.14   | Hidrología y Calidad del Agua .....           | 3-124      |
| 3.1.15   | Calidad del Agua.....                         | 3-143      |
| 3.1.16   | Paisaje Natural.....                          | 3-159      |
| 3.1.17   | Fuentes de Contaminación .....                | 3-164      |

## Tablas

|            |  |      |
|------------|--|------|
| Tabla 3-1  | Estaciones Meteorológicas Cercanas al Área Geográfica del Proyecto .....   | 3-2  |
| Tabla 3-2  | Caracterización Climática Estación Meteorológica Aeropuerto Lago Agrio (Nueva Loja)-Período 1981-2022 .....                                      | 3-7  |
| Tabla 3-3  | Velocidad del Viento Estación Meteorológica (1981-2022).....   | 3-12 |
| Tabla 3-4  | Rangos de Pendientes.....  | 3-28 |
| Tabla 3-5  | Unidades del Paisaje Geomorfológico.....   | 3-29 |
| Tabla 3-6  | Estabilidad Geomorfológica y Riesgo Físico .....   | 3-34 |
| Tabla 3-7  | Características de la Sismicidad en cada Fuente Sísmica: Número de Eventos, Magnitud Máxima y Magnitud Promedio (2021) .....                     | 3-40 |
| Tabla 3-8  | Características de las Fallas más Cercanas al Área del Proyecto.....   | 3-42 |
| Tabla 3-9  | Unidades Litológicas por Permeabilidad Intergranular .....   | 3-46 |
| Tabla 3-10 | Ubicación de Pozos .....   | 3-48 |
| Tabla 3-11 | Diseño de Pozos .....  | 3-49 |
| Tabla 3-12 | Monitoreo de Nivel de Agua en Pozos y Conductividad Hidráulica.....  | 3-50 |
| Tabla 3-13 | Clasificación de los Acuíferos según su Litología y Órdenes de Magnitud de Permeabilidad (m/día) a 10 °C Bajo una Gradiente de 1 m por Día ..... | 3-51 |

|            |  |       |
|------------|--|-------|
| Tabla 3-14 | Registro Piezométrico .....  | 3-52  |
| Tabla 3-15 | Resultados de los Análisis Químicos de las Aguas Subterráneas del Campo Singue (estudio del año 2015) .....            | 3-55  |
| Tabla 3-16 | Macroelementos de las Aguas Subterráneas del Bloque 53 Singue .....  | 3-57  |
| Tabla 3-17 | Parámetros y Metodología de Referencia para el Monitoreo de las Aguas Subterráneas del Bloque Singue .....             | 3-59  |
| Tabla 3-18 | Monitoreo de las Aguas Subterráneas del Piezómetro PW3 (Año 2020).....   | 3-59  |
| Tabla 3-19 | Monitoreo de las Aguas Subterráneas del Piezómetro PW3 (2021) .....  | 3-60  |
| Tabla 3-20 | Monitoreo de las Aguas Subterráneas del Piezómetro PW3 (2022-2023).....  | 3-60  |
| Tabla 3-21 | Monitoreo de las Aguas Subterráneas del Piezómetro PW5 (2020) .....  | 3-61  |
| Tabla 3-22 | Monitoreo de las Aguas Subterráneas del Piezómetro PW5 (2021) .....  | 3-61  |
| Tabla 3-23 | Monitoreo de las Aguas Subterráneas del Piezómetro PW5 (2023) .....  | 3-61  |
| Tabla 3-24 | Definición Práctica de Clases de Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos.....                                   | 3-63  |
| Tabla 3-25 | Análisis de la Vulnerabilidad de Acuíferos a la Contaminación.....   | 3-64  |
| Tabla 3-26 | Calidad Geotécnica y Valoración.....   | 3-66  |
| Tabla 3-27 | Descripción de las Zonas Geotécnicas.....  | 3-66  |
| Tabla 3-28 | Ubicación de los Puntos de Muestreo Geotécnico .....   | 3-69  |
| Tabla 3-29 | Características Físicas de los Suelos .....  | 3-70  |
| Tabla 3-30 | Rangos de Permeabilidad de las Muestras Actuales de Suelo Colectadas.....  | 3-71  |
| Tabla 3-31 | Determinación de LK <sub>eq</sub> para Usos de Suelo de Protección Ecológica y Recursos Naturales.....                 | 3-74  |
| Tabla 3-32 | Ubicación de Puntos de Muestreo de Ruido Ambiental .....   | 3-75  |
| Tabla 3-33 | Parámetros Meteorológicos Medidos <i>in situ</i> durante el Monitoreo para Uso de los Suelo Agrícola Residencial ..... | 3-77  |
| Tabla 3-34 | Ubicación de Punto de Muestreo de Ruido en Suelos PE y RN .....  | 3-79  |
| Tabla 3-35 | Parámetros Meteorológicos Medidos <i>In Situ</i> .....   | 3-79  |
| Tabla 3-36 | Puntos de Monitoreo Periódicos de Ruido .....  | 3-84  |
| Tabla 3-37 | Ubicación de los Puntos de Muestreo de Ruido para Uso de Suelo Agrícola Residencial.....                               | 3-85  |
| Tabla 3-38 | Ubicación de Punto de Muestreo de Ruido para Uso de Suelo de Protección Ecológica y Recursos Naturales del Estado..... | 3-85  |
| Tabla 3-39 | Resultados de Monitoreo de Ruido Ambiental .....   | 3-86  |
| Tabla 3-40 | Resultados de las 96 Muestras en el Punto PR-1 (24 h).....   | 3-86  |
| Tabla 3-41 | Ubicación de los Puntos de Muestreo Compuesto de Suelos.....   | 3-93  |
| Tabla 3-42 | Resultados Químicos de las Muestras Compuestas de Suelo.....   | 3-97  |
| Tabla 3-43 | Ubicación de los Puntos de Muestreo Simples de Suelos .....  | 3-103 |
| Tabla 3-44 | Resultados Químicos de las Muestras Simples de Suelo .....   | 3-107 |
| Tabla 3-45 | Ubicación de los Puntos de Muestreo Puntual de Suelos (Edafológico).....   | 3-111 |
| Tabla 3-46 | Ubicación de los Puntos de Muestreo Puntual de Suelos (Edafológico).....   | 3-113 |

|            |  |       |
|------------|--|-------|
| Tabla 3-47 | Suelos de Colinas (C1, C2) .....   | 3-115 |
| Tabla 3-48 | Suelos de Llanura de Inundación (Vf).....  | 3-116 |
| Tabla 3-49 | Matriz de Interpretación del Conflicto de Uso del Suelo.....   | 3-118 |
| Tabla 3-50 | Detalle de Parámetros de Medición, Horas de Monitoreo y Límites Permisibles según el Anexo 4, Acuerdo Ministerial 097-A..... | 3-121 |
| Tabla 3-51 | Equipos utilizados para el monitoreo de calidad del aire.....  | 3-122 |
| Tabla 3-52 | Ubicación de los Puntos de Monitoreo Periódicos de Calidad de Aire.....  | 3-122 |
| Tabla 3-53 | Ubicación de los Puntos de Monitoreo de Calidad de Aire .....  | 3-122 |
| Tabla 3-54 | Resultados de Monitoreo Actual de Calidad de Aire .....  | 3-123 |
| Tabla 3-55 | Unidades Hidrográficas del Proyecto.....   | 3-125 |
| Tabla 3-56 | Características Físicas de las Unidades Hidrográficas Analizadas.....  | 3-127 |
| Tabla 3-57 | Rangos Aproximados del Factor de Forma .....   | 3-129 |
| Tabla 3-58 | Rangos Aproximados de la Densidad del Drenaje .....  | 3-131 |
| Tabla 3-59 | Coefficientes a partir de los Parámetros Fisiográficos de las Unidades Hidrográficas Analizadas .....                        | 3-133 |
| Tabla 3-60 | Análisis de Resultados del Coeficiente de Forma (kt).....  | 3-135 |
| Tabla 3-61 | Análisis de Resultados del Coeficiente de Compacidad (kc) .....  | 3-135 |
| Tabla 3-62 | Análisis de Resultados de la Densidad de Drenaje (Dd).....   | 3-135 |
| Tabla 3-63 | Análisis de Resultados de Sinuosidad (Si) .....  | 3-135 |
| Tabla 3-64 | Cálculo de Caudal Instantáneo de los Cuerpos Hídricos Monitoreados .....   | 3-137 |
| Tabla 3-65 | Precipitación Media Anual Estación Lago Agrio .....  | 3-139 |
| Tabla 3-66 | Cálculo de Coeficiente de Escurrimiento .....  | 3-140 |
| Tabla 3-67 | Caudal Medio de las Unidades Hidrográficas del Proyecto .....  | 3-141 |
| Tabla 3-68 | Caudales Ecológicos de las Unidades Hidrográficas del Proyecto .....   | 3-143 |
| Tabla 3-69 | Características del Equipo de Medición de Parámetros <i>In situ</i> .....  | 3-144 |
| Tabla 3-70 | Parámetros a ser Analizados.....   | 3-144 |
| Tabla 3-71 | Monitoreos Periódicos Inmisión .....   | 3-146 |
| Tabla 3-72 | Ubicación Puntos de Muestreo Calidad de Agua .....   | 3-147 |
| Tabla 3-73 | Resultados de Calidad de Agua .....  | 3-153 |
| Tabla 3-74 | Valoración del Paisaje .....   | 3-162 |
| Tabla 3-75 | Fuentes de Contaminación Ubicadas en el Área Geográfica.....   | 3-165 |

## Figuras

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Figura 3-1 | Rol de los Estudios de Línea Base en los Estudios de Impacto Ambiental .....   | 3-1 |
| Figura 3-2 | Tipos de Clima de las Estaciones Cercanas al Proyecto .....                    | 3-3 |
| Figura 3-3 | Isoyetas de las Estaciones más Cercanas al Área Geográfica del Proyecto.....   | 3-4 |
| Figura 3-4 | Isotermas de las Estaciones más Cercanas al Área Geográfica del Proyecto ..... | 3-5 |

|             |  |      |
|-------------|--|------|
| Figura 3-5  | Precipitación Media Estación Meteorológica (1981-2022) .....   | 3-9  |
| Figura 3-6  | Temperatura Media Estación Meteorológica (1981-2022) .....   | 3-10 |
| Figura 3-7  | Humedad Relativa Estación Meteorológica EAL (1981-2022) .....  | 3-10 |
| Figura 3-8  | Nubosidad Estación Meteorológica (1981-2022).....  | 3-11 |
| Figura 3-9  | Velocidad del Viento Estación Meteorológica (1981-2022).....   | 3-12 |
| Figura 3-10 | Rosa de los Vientos Estación Meteorológica (1981-2022).....  | 3-13 |
| Figura 3-11 | Evapotranspiración Potencial Estación Meteorológica EAL (1981-2022) .....  | 3-14 |
| Figura 3-12 | Balance Hídrico Estación Meteorológica (1981-2022) .....   | 3-14 |
| Figura 3-13 | Diagrama Ombrotérmico Estación Meteorológica (1981-2022) .....   | 3-15 |
| Figura 3-14 | Columna Tectónica Estratigráfica y Eventos Geodinámicos .....  | 3-18 |
| Figura 3-15 | Mapa Estructural Campo Singue, Tope U Inferior .....   | 3-20 |
| Figura 3-16 | Sismograma Sintético Pozo Singue-B2 .....  | 3-21 |
| Figura 3-17 | Sección Sísmica con Dirección Este-Oeste-Noreste.....  | 3-22 |
| Figura 3-18 | Sección Sísmica SO-NE y Cortes en Tiempo y Profundidad del Área Prospectiva Norte .....                                    | 3-23 |
| Figura 3-19 | Correlación Estratigráfica-Pozos Campo Singue .....  | 3-25 |
| Figura 3-20 | Correlación Estructural, pozos Campo Singue .....  | 3-26 |
| Figura 3-21 | Contacto Agua-Petróleo Inclinado en la Arenisca U Inferior .....   | 3-27 |
| Figura 3-22 | Colinas Muy Bajas Sector de la Plataforma Singue Norte (WGS 84 zona 18 sur: 356608-10020477).....                          | 3-30 |
| Figura 3-23 | Colinas Medias en el Sector del DDV de la Línea de Flujo (WGS 84 zona 18 sur: 357542-10018007-abscisas: 1+000 1+200) ..... | 3-31 |
| Figura 3-24 | Valle Fluvial Sector Suroeste de la Plataforma Singue Norte (WGS 84 Zona 18 Sur: 356552-10020383) .....                    | 3-32 |
| Figura 3-25 | Áreas en Función de las Geoformas en Porcentaje del Área Geográfica de Estudio .....                                       | 3-32 |
| Figura 3-26 | Mapa Tectónico de la Cuenca Oriente .....  | 3-36 |
| Figura 3-27 | Número Mensual de Eventos en las Fuentes de Interfaz* .....  | 3-38 |
| Figura 3-28 | Número Mensual de los Eventos en las Fuentes Corticales (Beauval et al., 2018)* .....                                      | 3-39 |
| Figura 3-29 | Número Mensual de los Eventos en las Fuentes Profundas que Incluyen el Slab* .....   | 3-40 |
| Figura 3-30 | Fallas Cuaternarias en las Cercanías del Bloque Singue .....   | 3-43 |
| Figura 3-31 | Mapa de Zonas Sísmicas para Propósitos de Diseño y Valor del Factor de Zona Z .....  | 3-44 |
| Figura 3-32 | Mapa Piezométrico Sector Singue 1, Singue B y Singue C .....   | 3-53 |
| Figura 3-33 | Corte Hidrogeológico Esquemático (SW-NE), Sector Singue 1, Singue B y Singue C .....                                       | 3-54 |
| Figura 3-34 | Diagrama de Piper del Área de las Plataformas: Singue 1, Singue B y Singue C .....   | 3-57 |
| Figura 3-35 | Valoración GOD para Vulnerabilidad de Acuíferos .....  | 3-63 |
| Figura 3-36 | Ubicación del Punto de Muestreo de Suelo Compuesto (MS-1 y MS-2).....  | 3-95 |

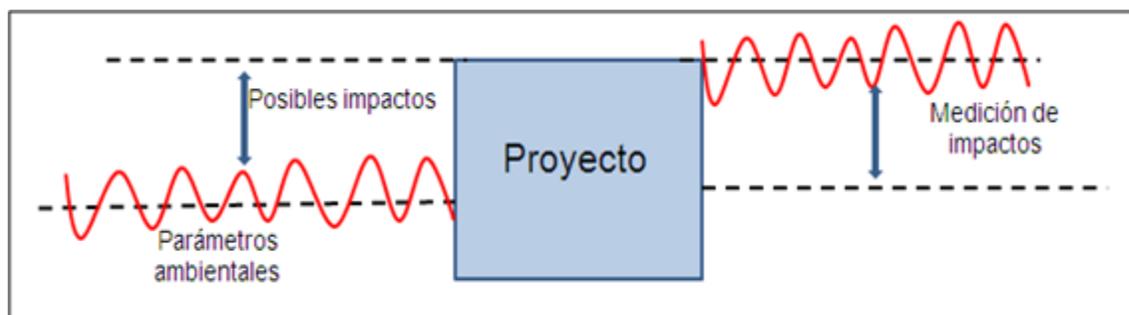
|             |   |       |
|-------------|---|-------|
| Figura 3-37 | Análisis de Resultados de Muestra Compuesta de Calidad de Suelo (pH) .....      | 3-99  |
| Figura 3-38 | Ubicación del Punto de Muestreo de Suelo Simple.....                            | 3-105 |
| Figura 3-39 | Análisis de Resultados de Muestras Simples de Calidad de Suelo (pH) .....       | 3-109 |
| Figura 3-40 | Comparación de la Forma de Unidades Hidrográficas según Kc.....                 | 3-130 |
| Figura 3-41 | Análisis de Resultados de Muestra Compuesta de Calidad de Agua (pH) .....       | 3-155 |
| Figura 3-42 | Análisis de Resultados de Muestra Compuesta de Calidad de Agua (aluminio) ..... | 3-156 |
| Figura 3-43 | Análisis de Resultados de Muestra Compuesta de Calidad de Agua (hierro).....    | 3-157 |
| Figura 3-44 | Análisis de Resultados de Muestra Compuesta de Calidad de Agua (plomo).....     | 3-157 |
| Figura 3-45 | Análisis de Resultados de Muestra Compuesta de Calidad de Agua (zinc) .....     | 3-158 |
| Figura 3-46 | Paisajes del Área de Estudio (bloque Singue) .....                              | 3-161 |
| Figura 3-47 | Fuentes de Contaminación .....  | 3-167 |

Página en blanco

## 3 Diagnóstico Ambiental Línea Base

Hirsch (1980) define al diagnóstico ambiental de línea base como una descripción de condiciones existentes en un punto en el tiempo contra los subsecuentes cambios que se presentan por la ejecución de un proyecto, los cuales se pueden detectar a través del monitoreo. En otras palabras, el objetivo del Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Complementario es predecir los posibles cambios sociales y ambientales como resultado de la ejecución del proyecto analizado partiendo de los estudios de línea base que proveen la visión del entorno previa ejecución del proyecto; y, terminando con la definición de un plan de monitoreo como parte del PMA, cuya ejecución da la visión posterior del proyecto con el objetivo de medir los cambios de los componentes ambientales y sociales a lo largo del tiempo.

La Figura 3-1 explica el rol del estudio de línea base en los EsIA y su relación con la fase de muestreo. Como se puede observar, la primera etapa es la descripción de los parámetros ambientales y sociales a evaluar previo al inicio del proyecto; para ello, es necesario definir el alcance del estudio de línea base. En el caso del presente EsIA, los parámetros a evaluarse son: clima, ruido, geología, geomorfología, sismicidad, edafología y calidad del suelo, calidad del aire, hidrología, flora, fauna y componentes socioeconómico y arqueológico. La descripción de estos componentes ayuda a prever los posibles impactos socioambientales que podrán suceder por la ejecución del presente proyecto.



**Figura 3-1 Rol de los Estudios de Línea Base en los Estudios de Impacto Ambiental**

Fuente: Wathern, 2001.

### 3.1 Componente Físico

#### 3.1.1 Criterios Metodológicos

Para el Diagnóstico Ambiental se ejecutó lo siguiente:

- a. Revisión bibliográfica
- b. Reconocimiento del área
- c. Toma de muestras de agua, suelos, calidad del aire y ruido para realizar la caracterización de línea base física del área del proyecto.

Con base en lo antes mencionado, se presenta la línea base física, que incluye la caracterización de: (i) clima, (ii) geología, (iii) geomorfología, (iv) estabilidad geomorfológica, (v) geología estructural (vi) reprocesamiento de la información sísmica existente, (vii) información geoquímica, (viii) tectónica, (ix) vulcanismo, (x) sismicidad, (xi) hidrogeología, (xii) geotécnica, (xiii) ruido ambiental, (xiv) suelos, (xv) calidad del aire, (xvi) hidrología y calidad del agua, (xvii) paisaje natural y (xviii) fuentes de contaminación.

### 3.1.2 Climatología

El clima se suele definir en sentido restringido como el estado promedio del tiempo y, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta millares o millones de años. En un sentido más amplio, el clima es el estado del sistema climático en términos tanto clásicos como estadísticos (Centro UC, 2017).

#### 3.1.2.1 Metodología

Conforme el mapa del INAMHI 'Tipos de clima del Ecuador', escala 1: 100 000 de 2017, el área geográfica del proyecto se ubica en un tipo de clima superhúmedo sin déficit de agua, megatérmico o cálido (Anexo A. Cartografía, 3.1-1 CLIMA).

Con base en el mapa del INAMHI Isotermas de Ecuador, escala 1: 1 000 000 de 2008, el área geográfica se ubica en una temperatura media de 22-24 °C (Anexo A. Cartografía, 3.1-2 ISOTERMAS); y, respecto a las isoyetas, el área geográfica se ubica entre 3000-4000 mm conforme la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) y Mapa de Isoyetas de Ecuador, escala 1: 1 000 000 de 2008 (Anexo A. Cartografía, 3.1-3 ISOYETAS).

Para seleccionar la estación meteorológica a utilizar se consideró los siguientes parámetros:

- > Distancia de la estación meteorológica más próxima al área geográfica del proyecto.
- > Que la estación se ubique en el mismo tipo de clima identificado en el área geográfica.
- > Que la estación se ubique en la misma isoyeta e isoterma identificadas en el área geográfica.
- > Disponibilidad de información climatológica en los anuarios meteorológicos, ya que es necesario que se cuente con series continuas de información de al menos 10 años para que sea estadísticamente representativo, así como de los parámetros a ser analizados.

A continuación, en la Tabla 3-1 se presentan las estaciones meteorológicas operadas por la DGAC más cercanas al área geográfica. Las estaciones pueden observarse espacialmente en la Figura 3-2, Figura 3-3 y Figura 3-4.

**Tabla 3-1 Estaciones Meteorológicas Cercanas al Área Geográfica del Proyecto**

| Nombre de la Estación              | Tipo de Estación | Código | Activa/<br>Inactiva | Coordenadas UTM WGS 84 Zona 18 M |             | Operador | Distancia en Relación con el Área del Proyecto (km) |
|------------------------------------|------------------|--------|---------------------|----------------------------------|-------------|----------|---|
|                                    |                  |        |                     | Este (m)                         | Norte (m)   |          |   |
| Aeropuerto Lago Agrio (Nueva Loja) | Meteorológica    | M061   | Activa              | 290162,34                        | 10010692,03 | DGAC     | 66,52   |
| El Coca-Aeropuerto                 | Meteorológica    | M-052  | Activa              | 278895,91                        | 9950231,35  | DGAC     | 102,59  |

Fuente: Dirección General de Aviación Civil (DGAC), 2003  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

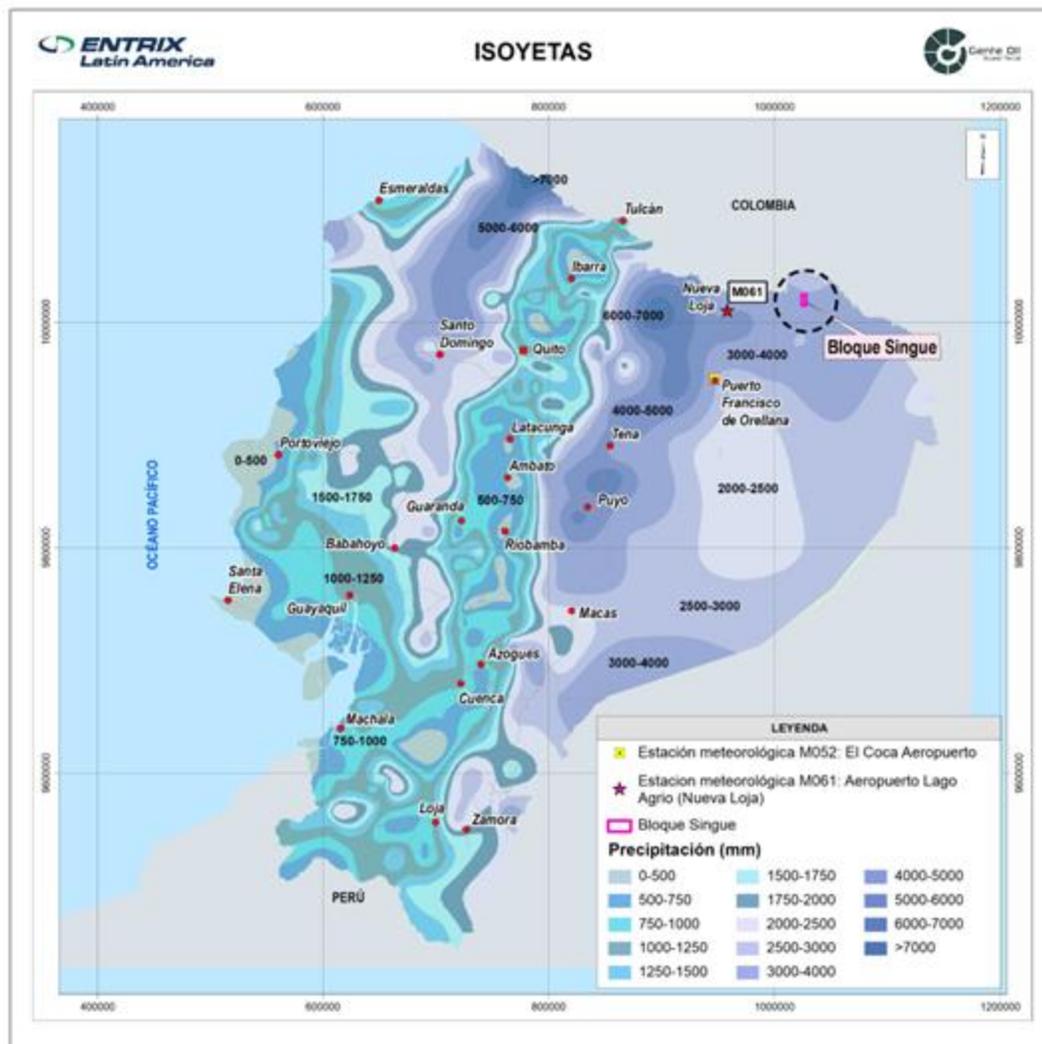
Las estaciones meteorológicas M061 (Aeropuerto Lago Agrio) y M052 (El Coca Aeropuerto), operadas por la DGAC, se ubican en el mismo piso climático que el área geográfica del proyecto, correspondiente a superhúmedo sin déficit de agua, megatérmico o cálido, como se puede apreciar en la Figura 3-2.



**Figura 3-2 Tipos de Clima de las Estaciones Cercanas al Proyecto**

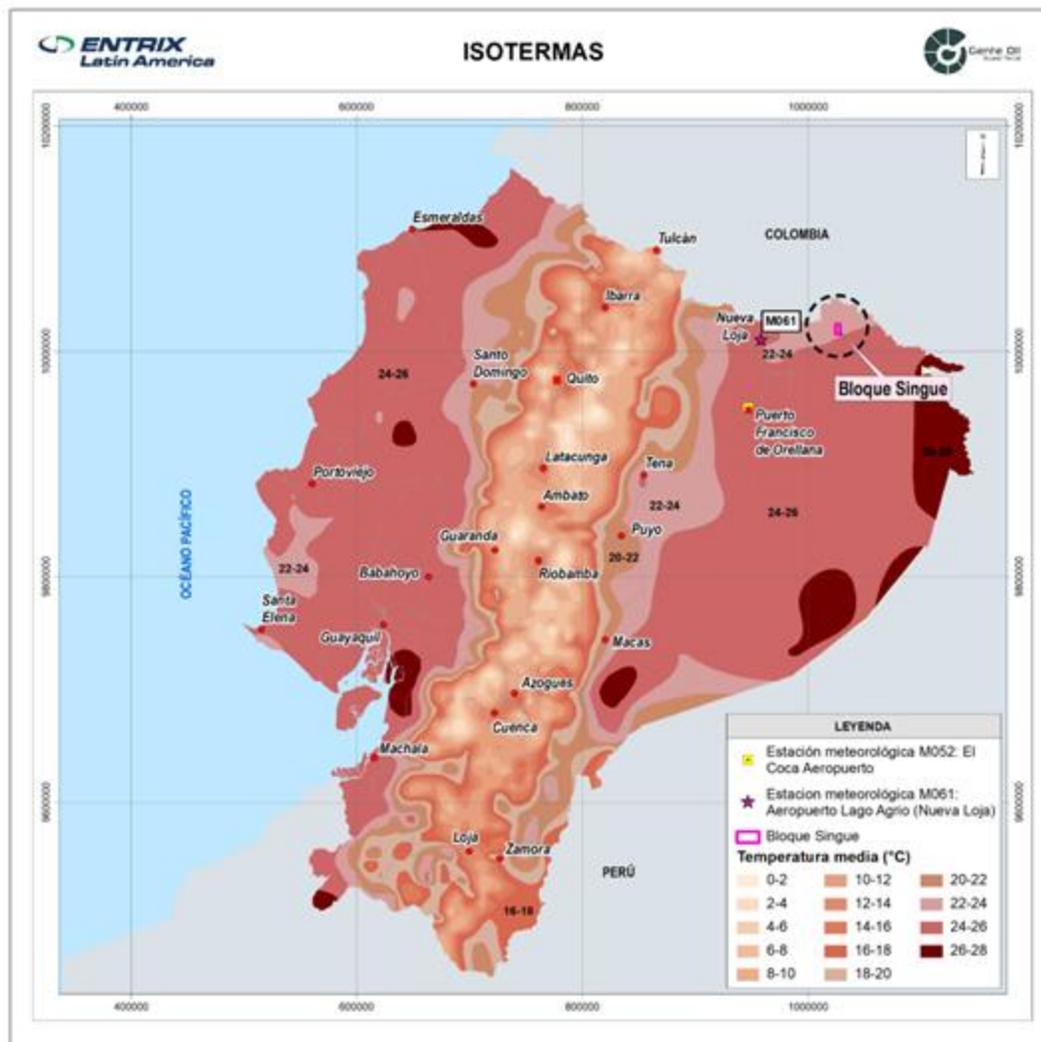
Fuente: INAMHI, Escala 1:100 000, 2017  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

Las estaciones meteorológicas analizadas se ubican en la misma isoyeta, con una precipitación de 3000-4000 mm (Figura 3-3) respecto a la ubicación geográfica del proyecto. Si bien las estaciones analizadas no se encuentran en la misma isoterma que el área geográfica del proyecto, se considera una temperatura media 22-24 °C, dado que no se cuenta con una estación meteorológica cercana que cumpla con ese criterio (Figura 3-4).



**Figura 3-3 Isoyetas de las Estaciones más Cercanas al Área Geográfica del Proyecto**

Fuente: INAMHI, Escala 1:100 000, 2017  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023



**Figura 3-4 Isothermas de las Estaciones más Cercanas al Área Geográfica del Proyecto**

Fuente: INAMHI, Escala 1:100 000, 2017  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

Finalmente, respecto a la distancia de la ubicación de las estaciones descritas en la Tabla 3-1, referente al área geográfica del proyecto, la estación más cercana es la estación meteorológica M061 (Aeropuerto Lago Agrio), que se encuentra a 66,52 km y dispone de información meteorológica completa con un período mayor a 10 años, lo cual permitirá la descripción y análisis de la información climatológica del área geográfica del proyecto.

Sobre esta base, para el análisis climatológico se ha considerado la información de la estación meteorológica Aeropuerto Lago Agrio (Nueva Loja) de la DGAC, con recopilación histórica del período comprendido entre 1981 y 2022 (Anexo C. Documentos de Respaldo, C1. Físico, C1.1. Climatología).

Página en blanco

**Tabla 3-2 Caracterización Climática Estación Meteorológica Aeropuerto Lago Agrio (Nueva Loja)-Período 1981-2022**

| Parámetro (valores medios) | Ene   | Feb   | Mar   | Abr   | May   | Jun   | Jul   | Ago   | Sep   | Oct   | Nov   | Dic   | Media | Total  |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Precipitación (mm)         | 210,3 | 244,2 | 340,7 | 374,2 | 383,3 | 340,2 | 287,1 | 213,5 | 226,3 | 298,3 | 339,1 | 278,9 | 294,7 | 3536,0 |
| Humedad relativa (%)       | 77,4  | 80,3  | 82,5  | 82,8  | 83,6  | 84,2  | 82,6  | 78,9  | 76,3  | 77,9  | 79,0  | 78,6  | 80,3  | 964,1  |
| Nubosidad (octas)          | 6,0   | 6,4   | 6,7   | 6,5   | 6,6   | 6,6   | 6,5   | 6,1   | 5,8   | 6,0   | 6,1   | 5,9   | 6,3   | 75,1   |
| Temperatura media (°C)     | 26,9  | 26,4  | 26,1  | 26,0  | 25,7  | 25,1  | 24,9  | 25,9  | 26,7  | 26,9  | 26,9  | 26,9  | 26,2  | 314,3  |
| Temperatura máxima (°C)    | 34,2  | 34,4  | 33,3  | 33,6  | 32,9  | 32,5  | 32,6  | 33,9  | 34,6  | 34,8  | 34,3  | 33,8  | 33,7  | 404,7  |
| Temperatura mínima (°C)    | 20,1  | 20,2  | 20,2  | 20,2  | 19,8  | 19,2  | 18,6  | 18,5  | 19,1  | 19,8  | 19,9  | 20,2  | 19,6  | 235,8  |
| Velocidad del viento (kt)  | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 48     |
| ETP Thornthwaite (mm)      | 145,4 | 122,8 | 130,0 | 125,5 | 123,1 | 113,6 | 107,4 | 127,2 | 137,7 | 145,7 | 141,1 | 145,3 | 130,4 | 1564,8 |
| Balance hídrico (mm)       | 64,9  | 121,5 | 210,6 | 248,7 | 260,2 | 226,5 | 179,7 | 86,3  | 88,6  | 152,5 | 198,0 | 133,6 | 164,3 | 1971,2 |

Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto Lago Agrio (Nueva Loja), Dirección de Aviación Civil (DGAC), 2023

Elaboración: Entrix, septiembre 2023

Página en blanco

### 3.1.2.2 Precipitación

El régimen pluviométrico en la zona se mantiene con variaciones milimétricas durante todo el año. La distribución temporal es bimodal, registrando dos períodos con mayor precipitación en la zona, que van de marzo a junio el primero, y de octubre a diciembre el segundo, de acuerdo con los registros de la estación meteorológica Aeropuerto Lago Agrio (Anexo C. Documentos de Respaldo, C1. Físico, C1.1. Climatología).

Mayo tiene la pluviosidad media más alta, de 383,3 mm, y enero tiene la pluviosidad media más baja (210,3 mm). La precipitación media mensual anual es de 294,7 mm, y el total anual es 3536,0 mm.

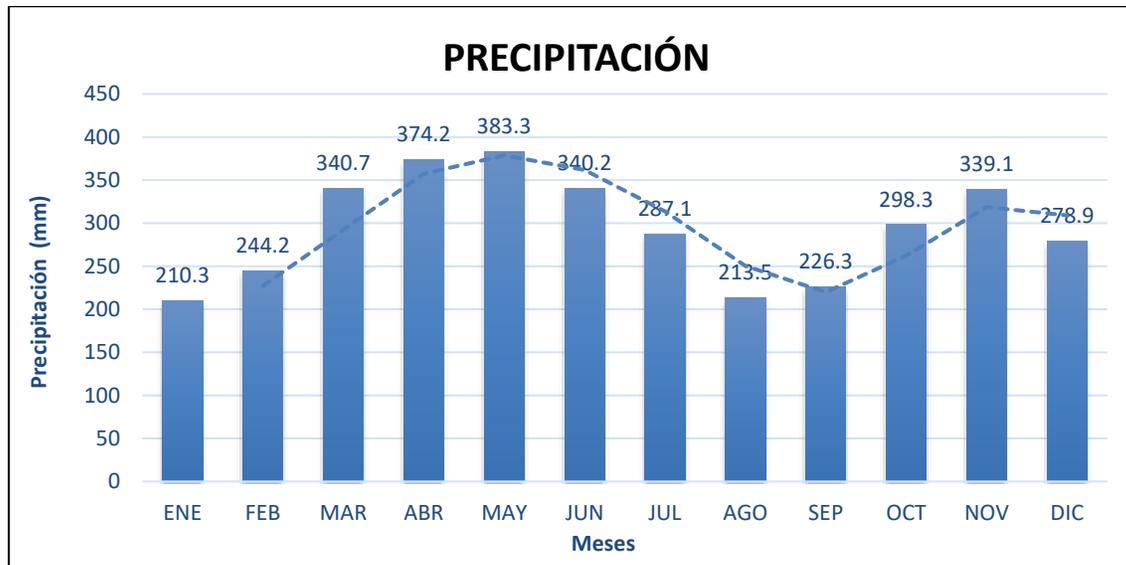


Figura 3-5 Precipitación Media Estación Meteorológica (1981-2022)

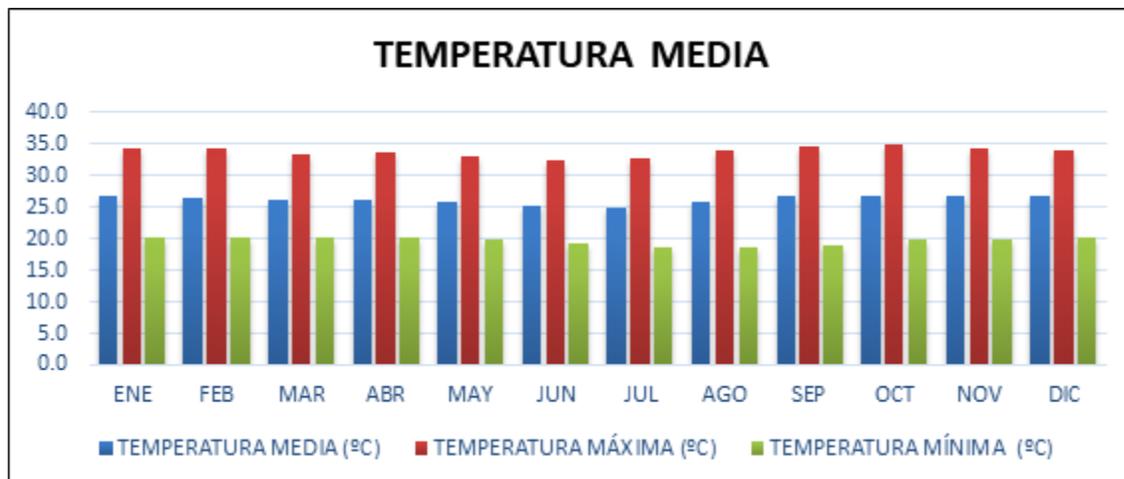
Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto Lago Agrio (Nueva Loja), Dirección de Aviación Civil (DGAC), 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### 3.1.2.3 Temperatura

La temperatura es una magnitud relacionada con la rapidez del movimiento de las partículas que constituyen la materia: cuanto mayor agitación presente esta, mayor será la temperatura (Rodríguez, Benito, & Portela, 2004). La temperatura forma parte de las características climáticas y es señalada en un termómetro expuesto al aire y protegido de la radiación solar directa. Se mide en grados Celsius y décimas de grado (INAMHI, 2017).

La temperatura media anual del período considerado es 26,2° C, con una oscilación térmica (diferencia entre la temperatura máxima [33,7° C] y mínima registrada [19,6° C]) de 14,1 °C en el período analizado (1981-2022).

Dentro de la Figura 3-6, se presentan los resultados de temperatura. La mayor temperatura media se registra en el período de octubre a enero, con un máximo de 26,9 °C, mientras que julio tiene la temperatura media más baja, con 24,9 °C, de acuerdo con los registros de la estación meteorológica Aeropuerto Lago Agrio (Anexo C. Documentos de Respaldo, C1. Físico, C1.1. Climatología).



**Figura 3-6 Temperatura Media Estación Meteorológica (1981-2022)**

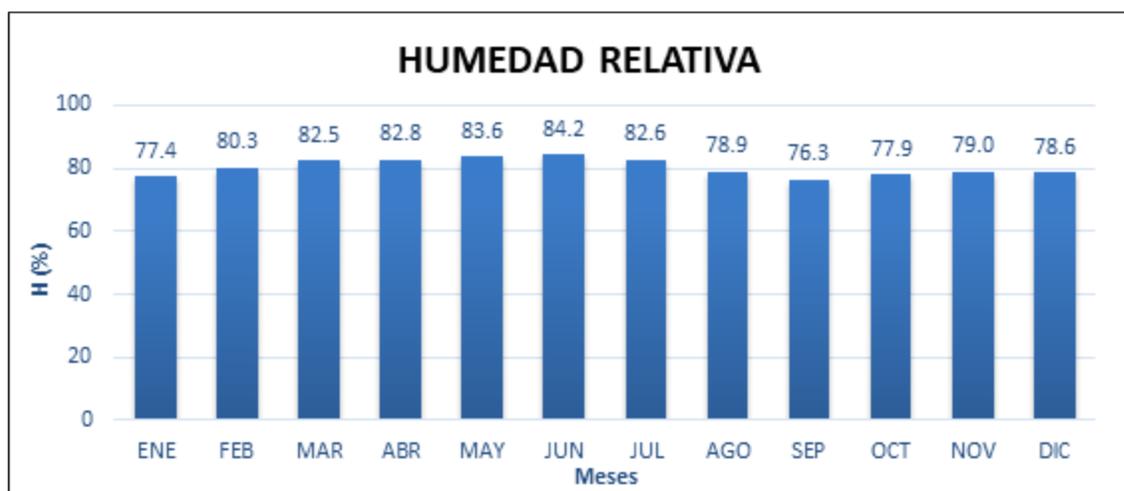
Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto Lago Agrio, Dirección de Aviación Civil (DGAC), septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### 3.1.2.4 Humedad Relativa

La humedad relativa es un parámetro que determina el grado de saturación de la atmósfera. La humedad relativa del aire húmedo con respecto al agua es la relación entre la fracción molar del vapor de agua en el aire y la fracción molar correspondiente si el aire estuviese saturado con respecto al agua a una presión y una temperatura dadas. Su unidad de medida es el porcentaje: mientras más alto sea el porcentaje, mayor es el grado de saturación de vapor de agua en la atmósfera (INAMHI, 2017).

La humedad es un parámetro importante en la información de los fenómenos meteorológicos, ya que junto con la temperatura caracteriza la intensidad de la evapotranspiración, que a su vez tiene directa relación con la disponibilidad de agua aprovechable, circulación atmosférica y cubierta vegetal.

La humedad relativa media anual en el área geográfica corresponde al 80,3 %. Los valores máximos se observan de marzo a julio. Se estima que en el área geográfica la humedad relativa media alcanza valores superiores debido a la mayor presencia de vegetación.



**Figura 3-7 Humedad Relativa Estación Meteorológica EAL (1981-2022)**

Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto Lago Agrio, Dirección de Aviación Civil (DGAC), septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### 3.1.2.5 Nubosidad

La nubosidad hace referencia a la fracción de la bóveda celeste cubierta por la totalidad de nubes visibles. Se divide a la bóveda celeste en octavos, llamados octas, que es la unidad de medida de la nubosidad. Este parámetro es estimado en forma visual sin el uso de instrumentos (INAMHI, 2017).

La nubosidad funciona como filtro para que la radiación que es emitida por el sol no pase directamente; además, permite que el agua que se evapora sea contenida. El valor de nubosidad se expresa en octas, es decir, de ocho fracciones del cielo, cuántas están cubiertas de nubes.

Se estima que a lo largo del año la cubierta de nubes se encuentra entre 5,8 y 6,7 octas, con un promedio de 6,3, siendo agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre y enero los meses con menos cobertura nubosa, con un mínimo de 5,8 octas; mientras que de febrero a julio son los meses más nubosos, con un máximo de 6,7 octas.

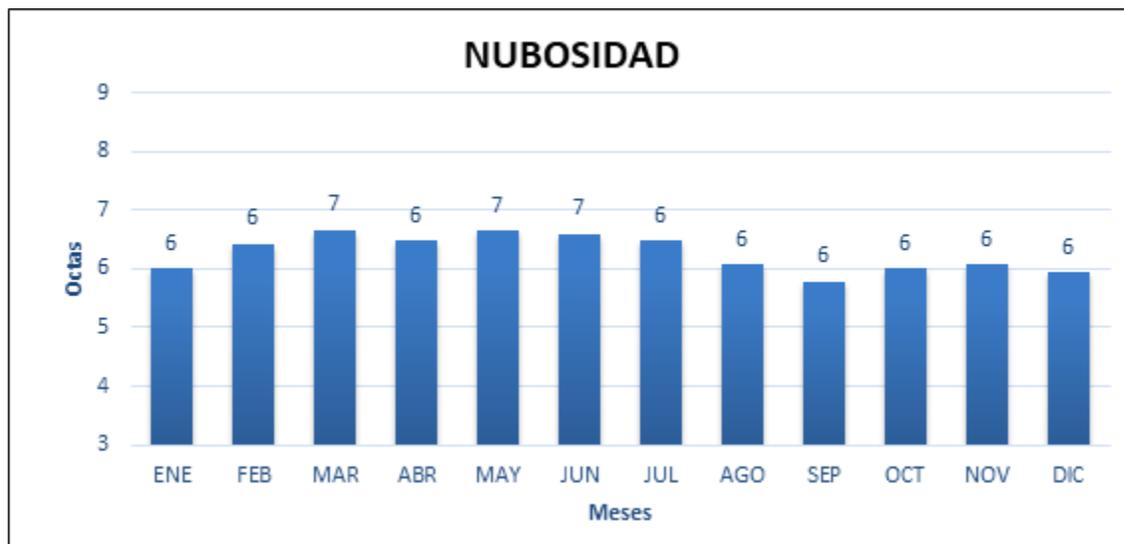


Figura 3-8 Nubosidad Estación Meteorológica (1981-2022)

Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto Lago Agrio, Dirección de Aviación Civil (DGAC), septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### 3.1.2.6 Velocidad y Dirección del Viento

El viento consiste en el movimiento de aire desde una zona hasta otra. Existen diversas causas que pueden provocar la existencia del viento, pero normalmente se origina cuando entre dos puntos se establece una cierta diferencia de presión o de temperatura (Rodríguez, Benito, & Portela, 2004).

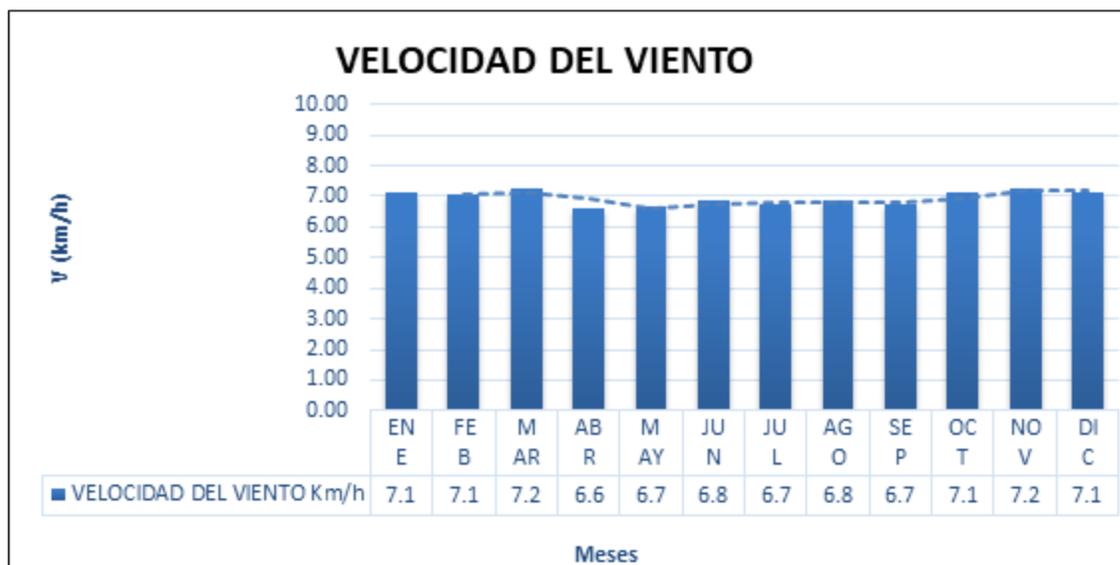
Al considerarse el viento como el movimiento del aire a la superficie de la Tierra, se contempla su velocidad y dirección. Las direcciones se toman de donde viene o procede el viento y las velocidades en metros por segundo (INAMHI, 2017).

La velocidad del viento, en promedio, a lo largo de los meses del año durante el periodo de tiempo considerado no presenta variaciones. Estimando que 1 kt equivale a 1,852 km/h, se obtiene un valor promedio de 6,94 km/h, como se puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla 3-3 Velocidad del Viento Estación Meteorológica (1981-2022)**

| Parámetro                 | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Media |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Velocidad del viento (kt) | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4     |
| Velocidad del viento km/h | 7,1 | 7,1 | 7,2 | 6,6 | 6,7 | 6,8 | 6,7 | 6,8 | 6,7 | 7,1 | 7,2 | 7,1 | 6,94  |

Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto Lago Agrio, Dirección de Aviación Civil (DGAC), septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

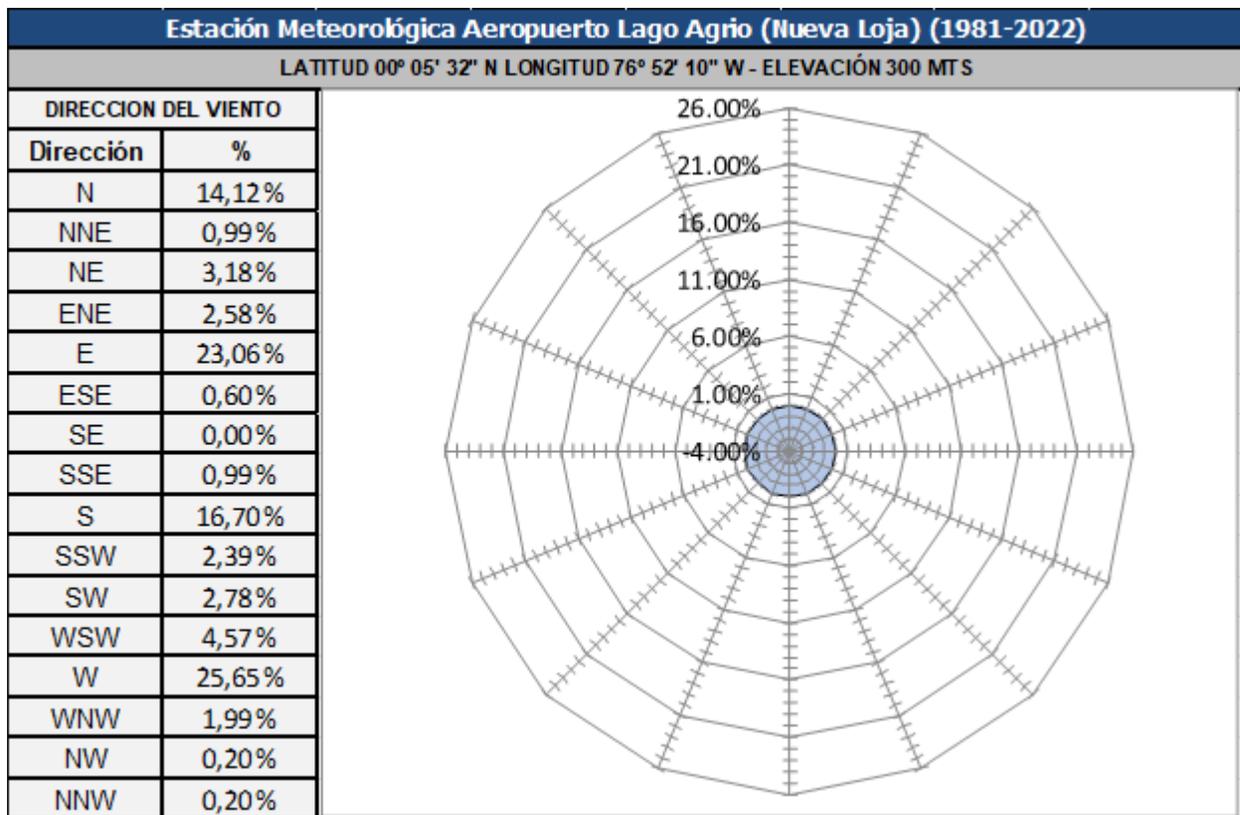


**Figura 3-9 Velocidad del Viento Estación Meteorológica (1981-2022)**

Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto Lago Agrio, Dirección de Aviación Civil (DGAC), septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

La dirección predominante del viento en rumbos permite el análisis de la dirección del viento en un período determinado de tiempo en relación con la velocidad del viento. Una vez realizado el análisis de velocidad y dirección del viento en un período de tiempo establecido, de manera porcentual se estima la dirección del viento dando como resultado la denominada rosa de los vientos (Figura 3-10), la cual de manera gráfica permite visualizar el comportamiento del viento en función de su dirección y velocidad, lo que admite el análisis de dispersión de contaminantes atmosféricos, entre otros análisis de comportamiento climatológico. Es importante mencionar que esta información es proporcionada por la DGAC, que realiza las mediciones de estos parámetros diaria, mensual y anualmente (Anexo C. Documentos de Respaldo, C1. Físico, C1.1. Climatología).

En la estación meteorológica Aeropuerto Lago Agrio (Nueva Loja), en promedio, se establece como dirección predominante al oeste (W), con un porcentaje de 25,65 %; seguida de la dirección este (E), con un porcentaje de 23,06 %; a continuación; y la dirección sur (S), con 16,70 %. La siguiente figura detalla gráficamente las direcciones del viento, junto con los porcentajes antes mencionados.



**Figura 3-10 Rosa de los Vientos Estación Meteorológica (1981-2022)**

Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto Lago Agrio, Dirección de Aviación Civil (DGAC), septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### 3.1.2.7 Evapotranspiración Potencial (ETP)

Los valores de ETP son requeridos para el cálculo del balance hídrico y para la clasificación climática. Para la obtención de este parámetro se utilizó la fórmula de J. García Benavides y J. López Díaz (1970), que es una ecuación empleada para las condiciones geográficas de este país (para los trópicos entre 15° N y 15° S).

$$ETP = [1,21 \times 10^{\frac{7,45t}{234,7+t}} (1 - 0,01HR) + 0,21t - 2,30] \times D$$

Donde:

t = temperatura media mensual, en °C

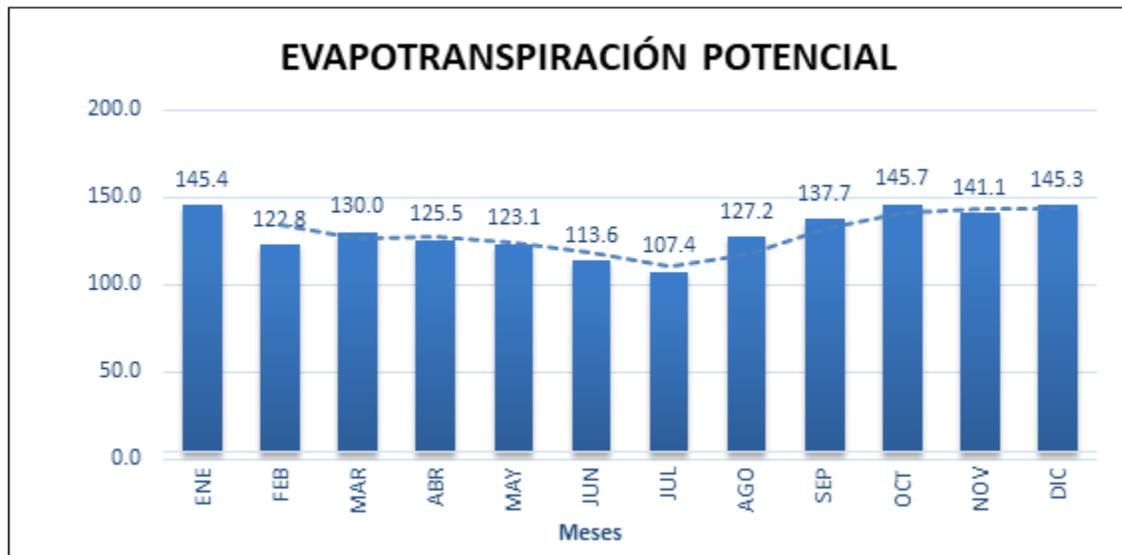
HR = humedad relativa media mensual, en %

D = número de días del mes

Mediante el cálculo de interrelación de las variables de temperatura y humedad relativa para cada mes durante el período de tiempo estudiado, se obtuvo la variación de la ETP en mm.

Durante el período de 1981 al 2022 los valores más altos se registraron de octubre a enero, mientras que el valor más bajo se presentó en julio, con una disminución de la temperatura en comparación con la

registrada en otros meses. La media mensual de evapotranspiración en la zona con la valoración de los datos es de 130,4 mm.

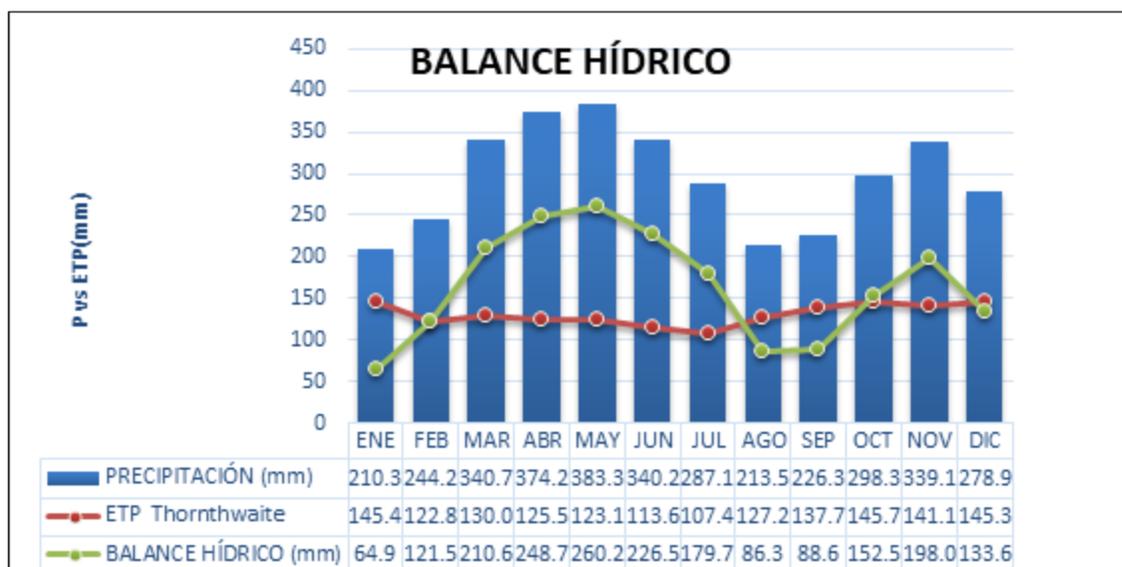


**Figura 3-11 Evapotranspiración Potencial Estación Meteorológica EAL (1981-2022)**

Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto Lago Agrio, Dirección de Aviación Civil (DGAC), septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### 3.1.2.8 Balance Hídrico

A partir de la comparación entre la precipitación media y la ETP, se obtiene que en la zona existe un marcado superávit hídrico durante el período evaluado (1981-2022), donde el valor total anual es de 1971,2 mm (la media corresponde a 164,3 mm). Estas condiciones implican que no existe un reposo del ciclo vegetal y la característica principal de la vegetación es siempreverde y abundante con un ciclo de crecimiento rápido.



**Figura 3-12 Balance Hídrico Estación Meteorológica (1981-2022)**

Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto Lago Agrio, Dirección de Aviación Civil (DGAC), septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### 3.1.2.9 Clasificación Climática

La clasificación climática se realiza mediante el método de Gaussen (1957), que se basa en el ritmo de la temperatura media y precipitación mensual a lo largo de un año para realizar una clasificación de climas biológicos o bioclimas, tomando en cuenta los períodos que son favorables y desfavorables para la vegetación; por ejemplo, los períodos calientes, frío, seco y húmedo.

Para la elaboración del diagrama ombrotérmico de Gaussen, en el eje de las abscisas (X) se ponen los meses del año, y en un doble eje de ordenadas (Y) se pone, en un lado, las precipitaciones medias mensuales (mm) y, en el otro, las temperaturas medias mensuales (°C). La escala de precipitaciones debe ser el doble que la de la temperatura; es decir, por cada °C en temperatura se toman 2 mm en precipitación. Por ejemplo, a un valor de 20 °C le corresponde, en la misma línea, el valor de 40 mm de precipitación.

Si la precipitación mensual media es inferior o igual a la temperatura mensual media ( $P \leq 2 T_m$ ), la curva de precipitaciones estará por debajo de la curva de temperatura y el área comprendida entre las dos curvas indicará la duración e intensidad del período de sequía.

A continuación, se presenta el diagrama ombrotérmico de Gaussen, en el que se muestran los datos de temperatura y pluviosidad del período evaluado de la estación meteorológica Aeropuerto Lago Agrio (Nueva Loja).

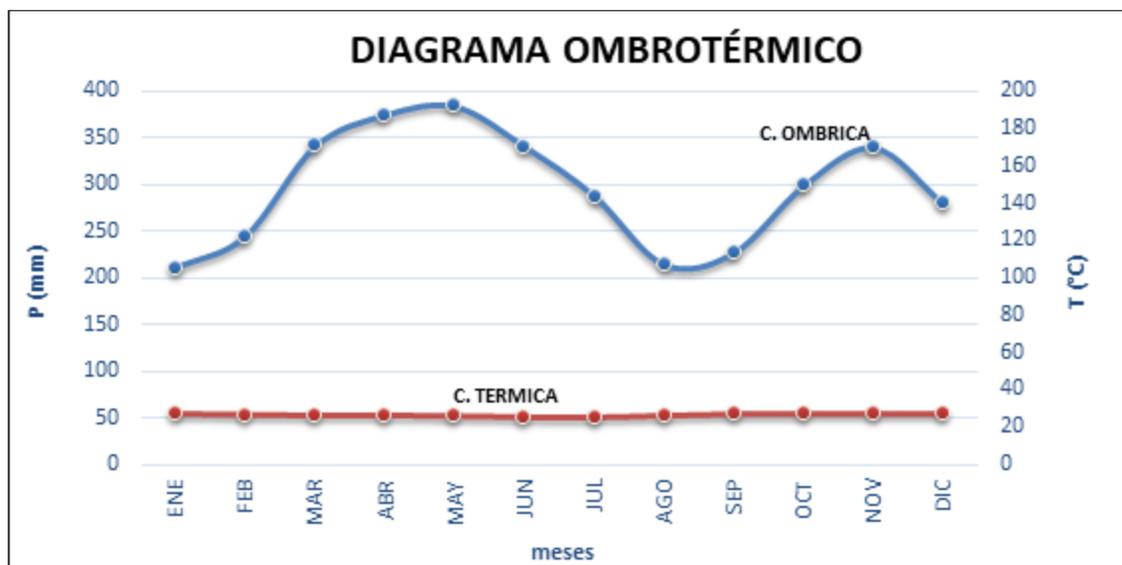


Figura 3-13 Diagrama Ombrotérmico Estación Meteorológica (1981-2022)

Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto Lago Agrio, Dirección de Aviación Civil (DGAC), septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

Como se observa en la Figura 3-13, a lo largo del año la curva de precipitaciones (C. ómbrica) en ningún caso está por debajo de la curva de temperatura (C. térmica), lo que indica que la zona donde se ubica el proyecto no se caracteriza por presentar períodos de sequía. La clasificación climática, conforme los datos disponibles, corresponde a superhúmedo sin déficit de agua, megatérmico o cálido (Anexo A Cartografía, Mapas 3.1-2 ISOTERMAS, 3.1-3 ISOYETAS, 3.1-4 DEFICIT\_HIDRICO, 3.1-5 BIOCLIMAS).

### 3.1.2.10 Conclusiones

- > Posterior a la identificación de estaciones meteorológicas cercanas al proyecto, y una vez analizada la información que estas generan, se consideró el uso de los datos de la estación meteorológica Aeropuerto Lago Agrio (Nueva Loja), esto a razón de lo siguiente:

- Estación meteorológica más próxima al área geográfica del proyecto.
  - La estación cuenta con registros completos de mediciones de más de 10 años (1981 a 2022), permitiendo realizar un análisis histórico de la climatología relacionada con el área del proyecto.
  - La estación se encuentra en el mismo tipo de clima del área geográfica del proyecto.
  - La estación se ubica en la misma isoyeta del área geográfica del proyecto. Es necesario mencionar que la estación meteorológica no se encuentra en la misma isoterma del área geográfica del proyecto; sin embargo, se debe recalcar que el uso de esta responde a que no existen otras estaciones meteorológicas próximas al área geográfica del proyecto que se encuentren en el mismo tipo de clima e isoyeta y que posean registros completos de por lo menos 10 años de mediciones climáticas.
- > El área geográfica del proyecto se encuentra en el mismo tipo de clima e isoyetas que la estación Aeropuerto Lago Agrio (Nueva Loja), con una precipitación de 3000-4000 mm, ubicándose en el tipo de clima superhúmedo sin déficit de agua, megatérmico o cálido, permitiendo de esta forma caracterizar la climatología existente en el área geográfica.
  - > Si bien el área geográfica no se encuentra en la misma isoterma que la estación Aeropuerto Lago Agrio (Nueva Loja), se considera una temperatura media de 22-24 °C dado que no existe una estación meteorológica cercana que cumpla con este criterio (Anexo A. Cartografía, 3.1-2 ISOTERMAS).
  - > Respecto a las isoyetas, el área geográfica se ubica entre 3000-4000 mm conforme el INAMHI, Mapa de Isoyetas de Ecuador, escala 1: 1 000 000 de 2008 (Anexo A. Cartografía, 3.1-3 ISOYETAS).
  - > La precipitación media mensual anual en la zona del proyecto está en el orden de los 294,7 mm, valor característico de la región amazónica; la temperatura media anual corresponde a 26,2 °C, con una humedad relativa de 80,3 %. La evapotranspiración media calculada es 130,4 mm con un superávit hídrico durante todo el año. La clasificación climática, conforme los datos disponibles, corresponde a superhúmedo sin déficit de agua, megatérmico o cálido (Anexo A Cartografía, Mapas 3.1-2 ISOTERMAS, 3.1-3 ISOYETAS, 3.1-4 DEFICIT\_HIDRICO, 3.1-5 BIOCLIMAS).
  - > La nubosidad en el área geográfica del proyecto indica que a lo largo del año la cubierta de nubes se encuentra entre 5,8 y 6,7 octas, con un promedio de 6,3; siendo de agosto a enero el período con menos cobertura nubosa, con un mínimo de 5,8 octas; mientras que de febrero a julio son los meses más nubosos, con un máximo de 6,7 octas.
  - > En el área geográfica del proyecto, la velocidad del viento a lo largo de los meses es de 6,94 km/h en promedio; respecto a la dirección del viento en promedio, se establece como dirección predominante al oeste (W), con un porcentaje de 25,60 %; seguida de la dirección este (E), con un porcentaje de 23,02 %; a continuación, la dirección sur (S), con un porcentaje de 16,67 %.

### **3.1.3 Geología**

Para la caracterización geológica, se tomó de base el Mapa Geológico de las Provincias Orientales (INEMIN, 1987), el Mapa Geológico de la Cuenca Oriente, IRD, PETROPRODUCCIÓN, 2001, el Mapa Geológico de la República de Ecuador, Instituto de Investigación Geológicas, Mineras y Metalúrgicas, 2017 y el Reporte de Unidades Estratigráficas del Ecuador, reconocidas por el IIGE\_2022.dic.

#### **3.1.3.1 *Geología Regional***

La zona donde se localiza el bloque Singue está geológicamente recubierta por sedimentos de aluvión que han formado terrazas antiguas y depósitos modernos en las inmediaciones de río San Miguel, que se constituye en el principal sistema de drenaje. En el resto del área hay depósitos sedimentarios que pertenecen a la formación Curaray, que se extiende ampliamente sobre la región noroccidental del Oriente ecuatoriano. Las unidades aflorantes corresponden a las capas superiores de edad Mio-Pliocénica de la ya mencionada formación Curaray y aluviones bajo terrazas indiferenciadas del Cuaternario.

La cuenca deposicional está estructurada como resultado de esfuerzos transgresivos presentes a partir del Cretácico terminal, que provocaron la inversión tectónica de antiguas fallas normales ligadas a un sistema de *rift* de edad triásica. Los esfuerzos compresivos marcan la inversión tectónica y la formación de estructuras petrolíferas con características propias, ahora limitadas por fallas orientadas principalmente en dirección N-S o NNE-SSW.

El bloque Singue forma parte de la cuenca sedimentaria oriental ecuatoriana, constituida por una potente serie de rocas sedimentarias marino-continentales. En profundidad, depósitos sedimentarios del Paleozoico-Mesozoico inferior (formaciones: Pumbuiza, Macuma y Santiago) yacen sobre las rocas cristalinas del Escudo guayanés. En el Mesozoico superior los sedimentos continentales de la formación Chapiza fueron cubiertos por una transgresión marina cretácica durante la cual en el sector oeste fueron las formaciones Hollín, Napo y Tena sobre una amplia cuenca pericratónica. Los sedimentos del Cenozoico alcanzan un espesor de hasta 4000 m en la cuenca alargada trasarco con rumbo norte-sur, que se profundiza hacia el norte.

La estratigrafía para la cuenca Oriente se resume en la columna tectono-estratigráfica y eventos geodinámicos propuesta por: P. Baby, M. Rivadeneira, R. Barragán, 2004 (Figura 3-14).

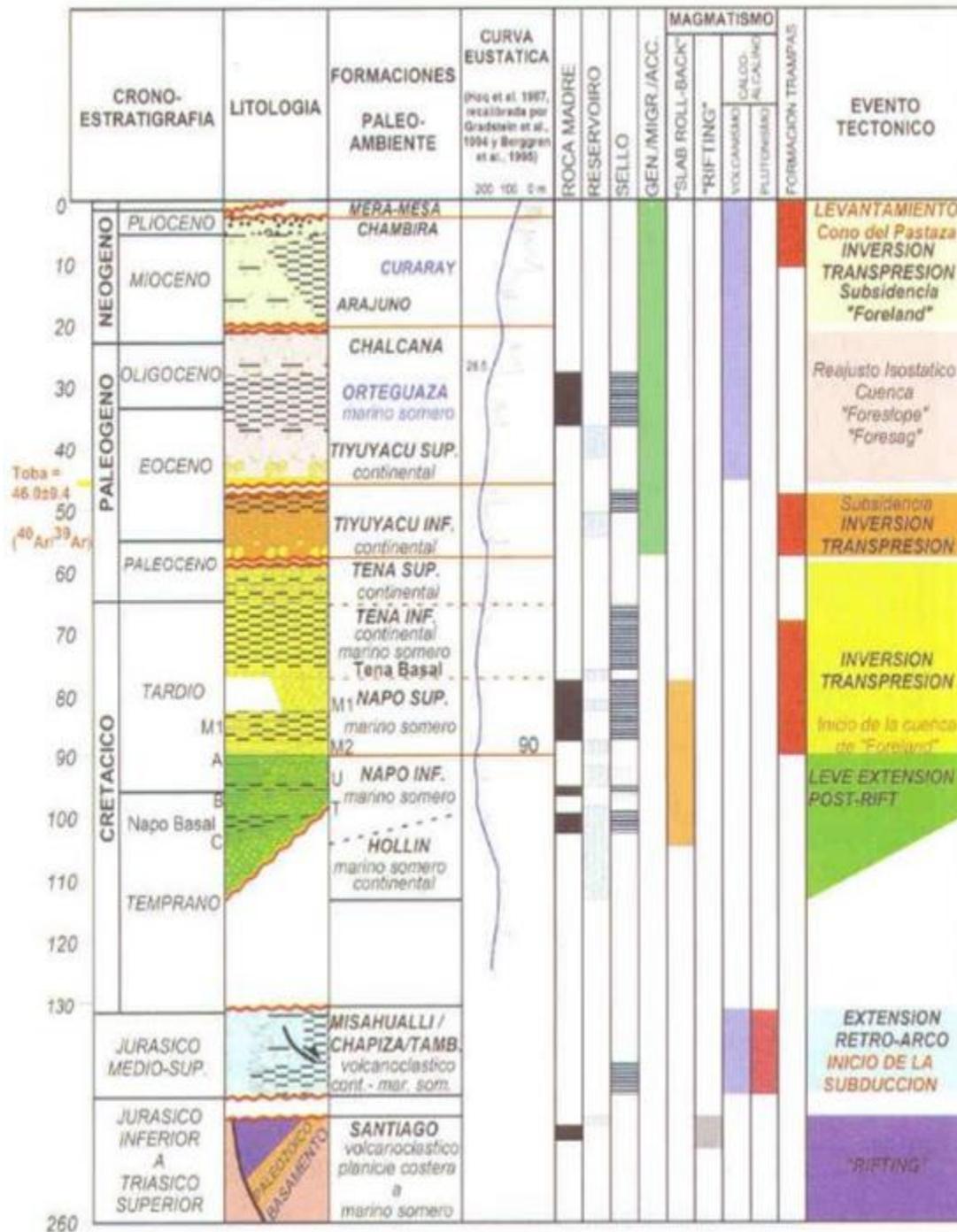


Figura 3-14 Columna Tectónica Estratigráfica y Eventos Geodinámicos

Fuente: P. Baby, M. Rivadeneira, R. Barragán, 2004

### **3.1.3.2 Geología Local**

En el área geográfica afloran las formaciones: Curaray y depósitos aluviales. A continuación, se realiza la descripción de las formaciones litológicas aflorantes en el sector, graficadas en el mapa geológico (Anexo A. Cartografía, 3.1-6 GEOLOGIA).

#### **3.1.3.2.1 Formación Curaray (Mioceno, MC)**

Aflora ampliamente en el bloque Singue. En esta formación están las plataformas Singue B y Singue C, y sus respectivas vías de acceso, la plataforma Singue Norte, la línea de flujo Singue Norte-Singue B y la vía desde Singue B a Singue Norte en estudio se cimentará en esta unidad litológica. Fisiográficamente, corresponde a una serie de colinas muy bajas a medias, con pendientes naturales no mayores al 45 %. El afloramiento típico corresponde al curso medio del río Curaray (R. Bristow et R. Hoffstetter, 1977).

En los afloramientos observados en los taludes de las vías hay un predominio de potentes capas de arcillas de colores rojizos con intercalaciones de arenas y conglomerados de cuarzo de elementos bien redondeados. Regionalmente, se la define como una serie potente de arcillas bien estratificadas de color verde-azul o rojizo, localmente yesosas alternando con areniscas de grano fino a medio. En su parte superior son comunes mezclas tobáceas, vetas de lignito y arcillas carbonosas negras.

La formación está levemente plegada y superficialmente la alteración es fuerte, está cubierta de potentes suelos residuales rojos. El ambiente de depositación sugiere influjos de aguas salobres en un ambiente generalmente de agua dulce. Su edad no es más antigua que el Mioceno. De acuerdo con su relación estratigráfica y a los microfósiles encontrados, se la ha ubicado en el Mioceno superior (Tschopp, 1953). La secuencia tiene por lo menos 750 m de espesor.

#### **3.1.3.2.2 Depósitos Aluviales y Terrazas Aluviales (Holoceno-QA-QT)**

El sector suroeste de la plataforma Singue Norte se localiza en esta unidad litológica. Los ambientes fluviales constituyen uno de los medios de importancia estratigráfica, pues en ellos se deposita una gran cantidad de sedimentos. Generalmente, los depósitos de los ríos están caracterizados por una base erosiva y por ser grano estrato-decreciente debido a la disminución de la energía durante el relleno del canal y a su migración. El ambiente está definido por la acción de agua en movimiento, por la energía del agua y por el conjunto de erosión, transporte y sedimentación.

Los depósitos generalmente son de grano fino, tipo limo-arenosos, formados durante crecidas, que constituyen abanicos de desembalse (cuerpos arenosos alargados depositados durante crecidas), cuando el río al romper el albardón descarga las partículas sedimentarias por pérdida de energía.

Los drenajes superficiales del área de estudio arrastran materiales detríticos, los cuales se han depositado formando terrazas y depósitos aluviales constituidos principalmente por cantos rodados mal seleccionados de diverso origen. Los drenajes cubren a sedimentos antiguos de la formación Curaray y se presentan en formas de relieves planos.

Los materiales depositados por el río Singue están constituidos por depósitos de rodados medianamente gruesos, redondeados, bien clasificados y sedimentos arenosos y limo-arenosos que varían de gruesos a finos; su espesor, en algunos casos, llega a superar los 10 m; estos forman una serie de terrazas. Los depósitos aluviales del río Sansahuari son de granulometrías más finas, arenas, limos y arcillas de escasa potencia.

### **3.1.3.3 Campo Singue**

#### **3.1.3.3.1 Generalidades**

Hasta el presente se ha conservado la interpretación de la estructura Singue en función de los resultados del pozo de avanzada Singue-B13, que muestra la prolongación norte del anticlinal principal que constituye el campo Singue. Sus dimensiones anteriores eran de 3 km de largo y 1,4 km de ancho; con la

interpretación actual, sus dimensiones alcanzan los 5,3 km de largo por 1,6 de ancho. El mapa estructural al tope de U Inferior no muestra un cierre efectivo a los cuatro lados, especialmente hacia la extensión noreste del campo. Sin embargo, la presencia de un Contacto Agua-Petróleo inclinado en U Inferior sería el responsable del entrapamiento de petróleo a este reservorio. La estructura al reservorio U Inferior cubre un área de 2271 acres. El campo Singue se ubica hacia el norte del *trend* estructural proveniente desde los campos Sansahuari-Cuyabeno, los cuales se formaron como resultado de la inversión tectónica del Eoceno temprano a medio (Baby et al., 2014). En tal razón, se puede asumir que la estructura Singue, tiene la misma edad de estructuración.

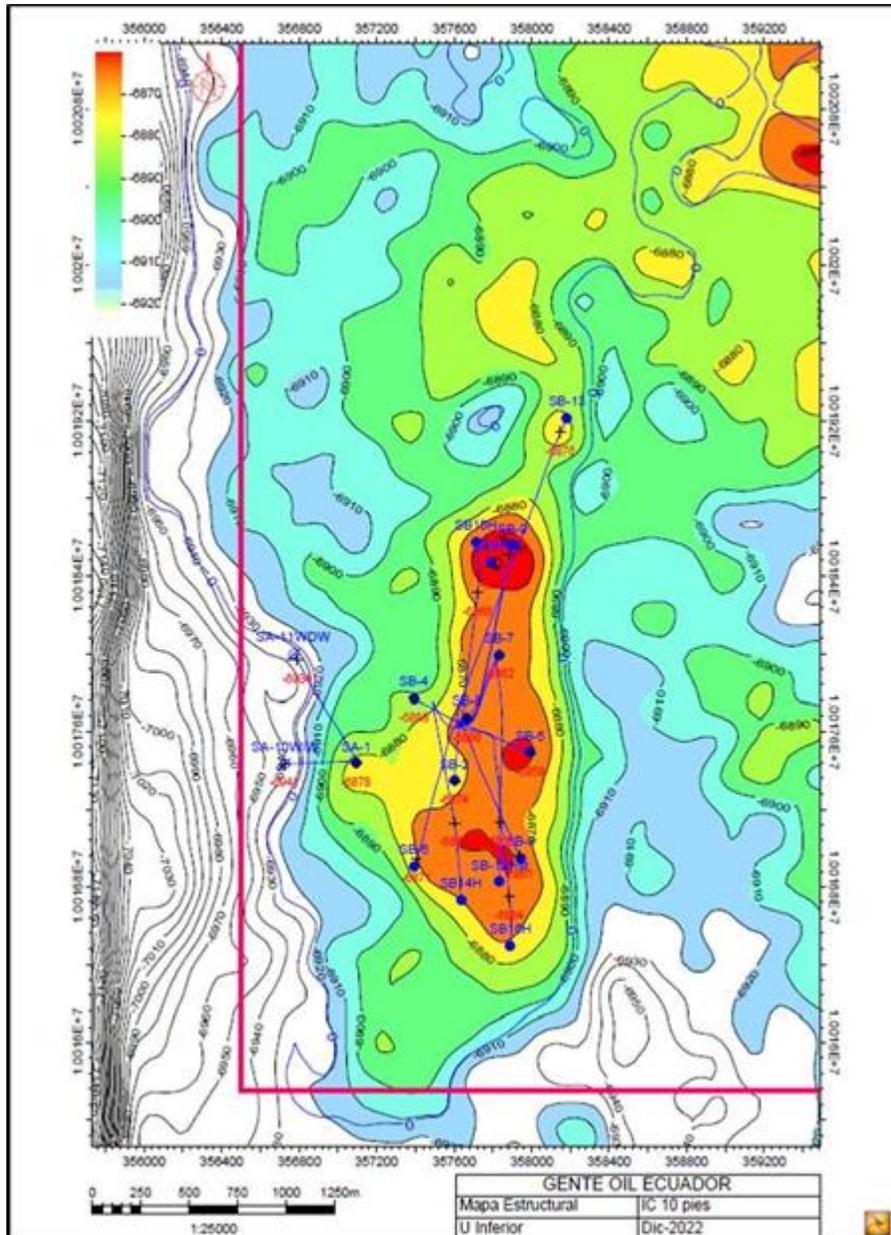


Figura 3-15 Mapa Estructural Campo Singue, Tope U Inferior

Fuente: Gente OIL Ecuador, 2022

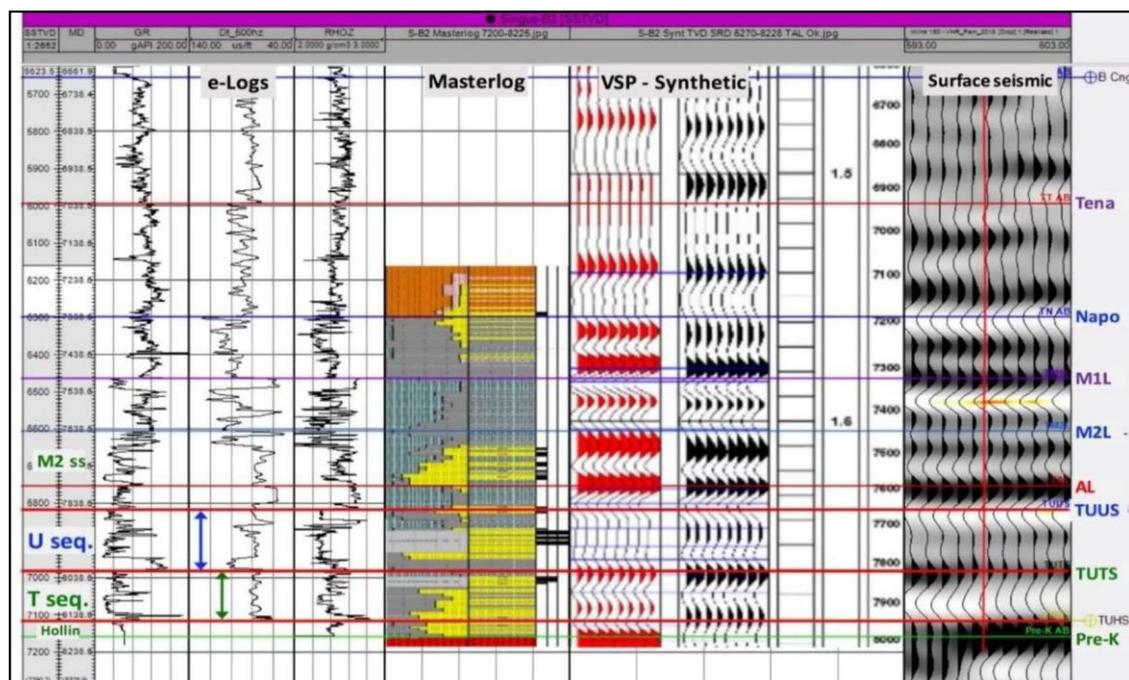
La estructura Singue fue descubierta con la perforación del pozo Singue-A1 en febrero de 1991 por Petroproducción. Actualmente, el campo cuenta con 16 pozos, dos inyectores, 13 productores y más *s-entry* (SB9RE) que actualmente está cerrado temporalmente por su alto corte de agua. De los pozos productores, cuatro son de tipo horizontal. En el pozo SA10WIW anteriormente se inyectaba al reservorio U Inferior, pero actualmente está cerrado y el SA11WDW ahora es reinjector al Conglomerado Inferior de Tiyuyacu. Los pozos adicionales al Singue-A1 se perforaron entre 2013 y 2021.

### 3.1.3.4 Geofísica

La interpretación sísmica 3D realizada en el software Petrel v.2020 se actualizó con la información de los pozos Singue-B8 y Singue-B13 (2018), del Singue-B12Hst (2019), de SB14H y SB9Re (2020) y, parcialmente, la de los pozos SB15H y SB16H, perforados a inicios de 2021. La información del pozo Singue-B13 sigue siendo de mucha importancia, dado que ratifica la extensión norte del campo Singue.

Con esta información de pozos, se generaron sismogramas sintéticos (Figura 3-16) y se obtuvo las tablas tiempo-profundidad que sirvieron para realizar la conversión tiempo-profundidad.

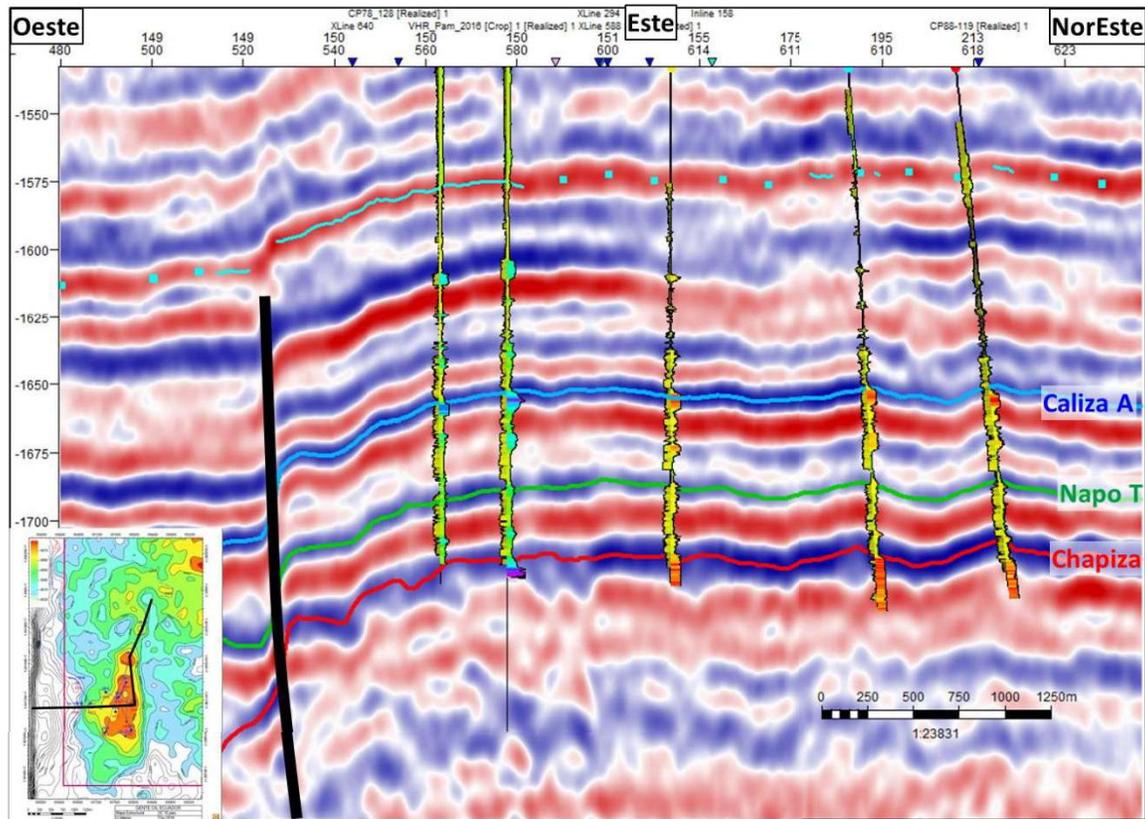
A lo largo de la cuenca Oriente, los sismogramas sintéticos han ayudado a definir e identificar de mejor manera los horizontes sísmicos característicos para toda el área de la cuenca o para zonas específicas. En el área de estudio destacan los topes de la formación como los topes: Orteguzza, Tiyuyacu, Tena, Napo, Hollín y pre-Cretácico o Chapiza. Dentro de la formación Napo, como marcadores sísmicos existen los intervalos calcáreos: topes Caliza M2, Caliza A, Caliza B (o tope Napo T).



**Figura 3-16 Sismograma Sintético Pozo Singue-B2**

Fuente: Gente OIL Ecuador, 2022

Los marcadores sísmicos característicos a lo largo del campo Singue y su extensión norte están muy bien identificados y corresponden a los topes Caliza A, Napo T y Chapiza (Figura 3-17). De estos, se puede apreciar que a lo largo del campo corresponden a marcadores sísmicos bastante homogéneos y continuos sin mostrar cambios abruptos en sus amplitudes, lo cual daría lugar a interpretar la presencia de poca variabilidad de espesor y litología en los intervalos que representan.



**Figura 3-17 Sección Sísmica con Dirección Este-Oeste-Noreste**

Fuente: Gente OIL Ecuador, 2022

Caliza A y Chapiza son los horizontes marcadores que más resaltan en las secciones sísmicas y su mapeo es la base para obtener mapas estructurales a los reservorios U (Superior e Inferior) y Hollín respectivamente, mientras el horizonte Napo T sirve de base para el mapeo del reservorio T Superior.

A pesar de que el volumen sísmico total de Lilian-VHR 3D cubre un área de 567 km<sup>2</sup> y GENTE OIL Ecuador recibió 85,9 km<sup>2</sup>, con los cuales se cubre el área del bloque 53, para el mapeo de la estructura la interpretación apenas cubrió un área de 14 km<sup>2</sup>, lo cual muestra que el campo Singue es una estructura pequeña si se la compara con sus campos vecinos, como VHR y Sansahuari-Cuyabeno.

La información sísmica 3D original del área (Lilian-VHR) muestra relieves estructurales, que podrían convertirse en zonas prospectivas, tal como sucedió con el área noreste al campo Singue, donde se perforó el pozo Singue-B13, que en base a los datos de puntos de presión al reservorio U Inferior mostraron que esta zona es parte de la estructura principal.

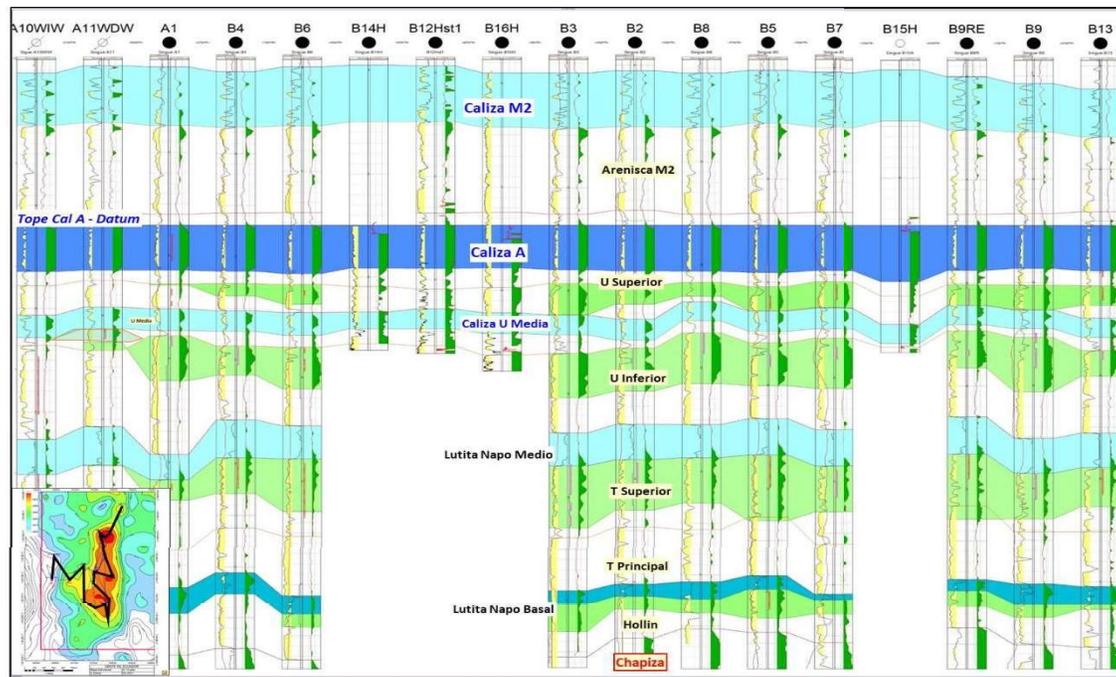
Así, los mostraron los cortes estructurales en tiempo y profundidad que se hicieron para justificar su perforación. El mapa al tope de Caliza A (Figura 3-18) así lo mostró en su momento y ahora se ratifica con los mapas estructurales a los reservorios principales.



- > **Arenisca U Superior:** Esta arenisca contiene petróleo en todos los pozos del campo Singue, se probó inicialmente en el SB7 (2014) y actualmente se encuentra produciendo del pozo SB9RE, con un petróleo de 13° API, lo cual difiere de la calidad que tienen los campos vecinos, entre 24 y 32 ° API, que constituye uno de los principales reservorios. Su espesor tiene poca variabilidad, está alrededor de los 30 pies en TVD. Este intervalo está compuesto principalmente de areniscas con ligeras intercalaciones de lutitas. Las areniscas son cuarzosas, café claro, de grano medio, tienen buena selección, matriz y cemento no visibles con porosidad regular visible.
- > **Arenisca U Inferior:** Esta arenisca tiene características litológicas y geológicas que la hacen un reservorio de excelente calidad y por ende constituye uno de los principales reservorios en la cuenca Oriente. En el campo Singue presenta un buen desarrollo de arena, su espesor está entre 70 y 110 pies TVD. Está compuesta en su mayoría por una secuencia de areniscas con pequeños intervalos de lutita. Estas areniscas son cuarzosas, color café claro, de grano medio, de buena selección, no se observa matriz, cemento ni porosidad visible. Hacia el tope del cuerpo principal a veces se desarrolla un intervalo arenoso extra, que en algunos campos ha sido denominado como arenisca U Media, correspondiendo en muchos casos a una unidad de flujo separada del cuerpo principal, por lo cual pierde presión rápidamente. Puede diferenciarse de la principal por la presencia de glauconita.
- > En base al estudio sedimentológico del núcleo del pozo Singue-B6, estas areniscas constituyen depósitos fluvioestuarinos con influencia de mareas y presentan estratificación cruzada. A inicios del 2016 se perforó el Singue-A11 cuyo objetivo era ser un pozo inyector; sin embargo, mostró presencia de hidrocarburo en la arenisca U Media; los datos de puntos de presión lo sugerían como un reservorio aislado del cuerpo principal de la U Inferior, su producción y calidad de petróleo confirmaron esto. Su petróleo es de 15° API, mientras que la U Inferior propiamente dicha produce de 23 a 24° API en la mayoría de los pozos. A pesar de esto, de los pozos SB13 y SB16H se ha obtenido valores de grados API de 19,4 y 19° respectivamente. Esto posiblemente se deba a la ubicación de los pozos, localizados hacia los flancos de la estructura.
- > **Arenisca T Superior:** Esta arenisca constituye el miembro superior del intervalo Arenisca T. Su miembro inferior, denominado T Principal, a pesar de sus buenas condiciones como reservorio no tiene presencia de petróleo en los pozos del campo Singue. La arenisca T Superior actualmente es productora de los pozos SB3, SB7 y sus características como reservorio son muy variables. Su espesor tiene un promedio de 63 pies TVD. Está constituida de areniscas intercaladas de lutitas y en ocasiones pequeños intervalos de calizas. Las areniscas son cuarzosas, color café claro, moderada selección, no visible en matriz ni cemento, con porosidad regular. La presencia de glauconita es una característica particular de este miembro superior. Las lutitas son gris oscuro, sublaminares, y las calizas son tipo *packstone* moderadamente duras. Son depósitos marinos someros.
- > **Arenisca Hollín:** Esta arenisca que aparentemente no produce en los campos vecinos a Singue estuvo produciendo en el pozo Singue B5 alrededor de 560 bppd, con un 10 % de BSW y un API de 26,6 grados. Dada la ubicación del campo en la cuenca Oriente, su espesor promedio es de 43 pies TVD, muy modesto, si se lo compara con los 200 o 300 pies que tiene Hollín hacia el oeste de la cuenca. Posiblemente, se trata de su miembro superior por la presencia de glauconita, descrita en los rípios de perforación. La arenisca es cuarzosa, blanca, con moderado sorteo, matriz argilácea, cemento calcáreo y pobre porosidad, a veces con laminaciones de lutitas oscuras.

### 3.1.3.5.2 Análisis de Correlaciones Estratigráficas (geología estructural)

A continuación, en la Figura 3-19 se presenta el análisis de dos correlaciones: una de tipo estratigráfico y otra de tipo estructural.

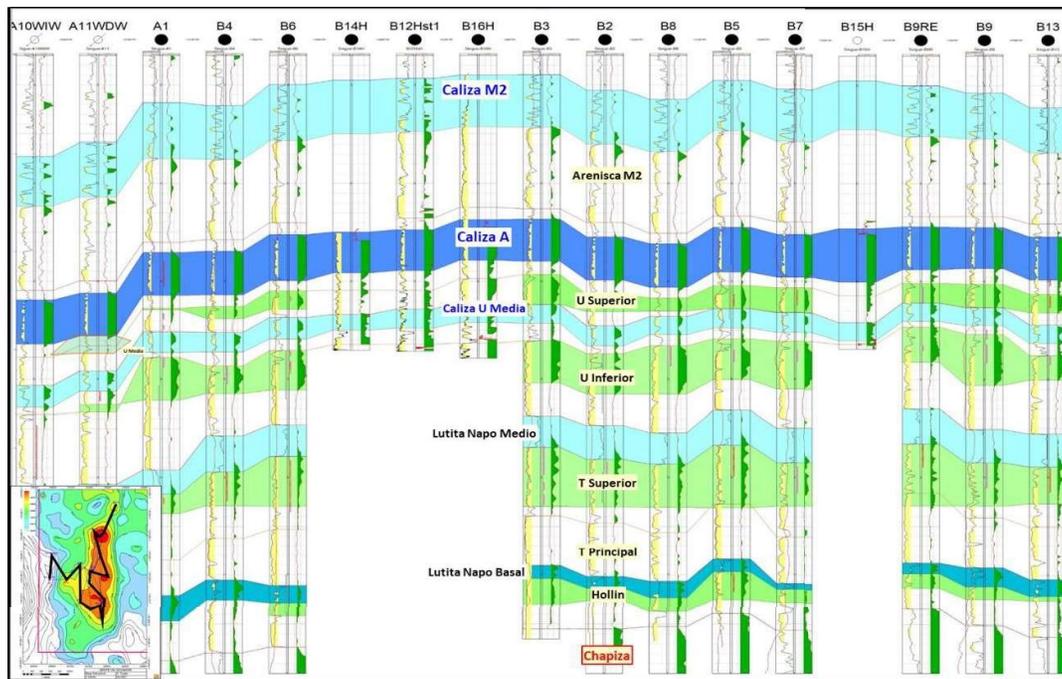


**Figura 3-19 Correlación Estratigráfica-Pozos Campo Singue**

Fuente: Gente OIL Ecuador, 2022

**Correlación estratigráfica:** La Figura 3-19 corresponde a una correlación estratigráfica, mediante la cual se puede observar la geometría de los cuerpos arenosos (reservorios) y su variación de espesor en relación con los intervalos calcáreos o lutitas, que son considerados como líneas de tiempo. El intervalo correspondiente a Caliza A, que se utilizó para horizontalizar la correlación, muestra un espesor prácticamente constante en el campo Singue, tiene una diferencia de 3 pies entre el menor y mayor espesor (56-59 pies), confirmado con los nuevos pozos (SB9RE, SB15H y SB16H). Su composición litológica corresponde a una caliza masiva que sísmicamente es el mejor marcador sísmico, a través del cual se puede representar el relieve estructural de los reservorios U Superior e Inferior. Por encima de esta caliza se desarrolla la arenisca M2 y la Caliza M2. Tal como se observa en la correlación, no muestran variación considerable de espesor.

El reservorio U Superior, como intervalo, no presenta variaciones considerables de espesor; sin embargo, como arenisca no se mostró con buen desarrollo en los pozos SB8, SB12Hst y SB16H, con menos de 5", prácticamente una arenisca intercalada de lutitas. La U Inferior muestra variaciones de espesor, que es característica de depósitos fluvioestuarinos. La caliza U Media, compuesta de sedimentos calcáreos en su mayoría y lutitas, separa a estos dos reservorios y se constituye como un buen marcador de tipo local. Donde se ubica el pozo SA11, se observa un lente pequeño de arenisca denominado como arenisca U Media, que descansa sobre el cuerpo principal de la arenisca U Inferior. Las lutitas Napo Medio se muestran también homogéneas en espesor, con la única variación en el pozo Singue-A1, donde se tiene el mayor desarrollo de U Inferior, lo cual provoca que el intervalo T pierda posición estructural. Este intervalo T presenta una T Superior con variaciones de espesor poco considerables, al contrario de la T Principal que varía en espesor, dadas sus condiciones de depósito similares a la U Inferior. Entre el reservorio Hollín y el intervalo T están presentes las lutitas Napo Inferior, que en esta área al igual que en Hollín muestran poco desarrollo.

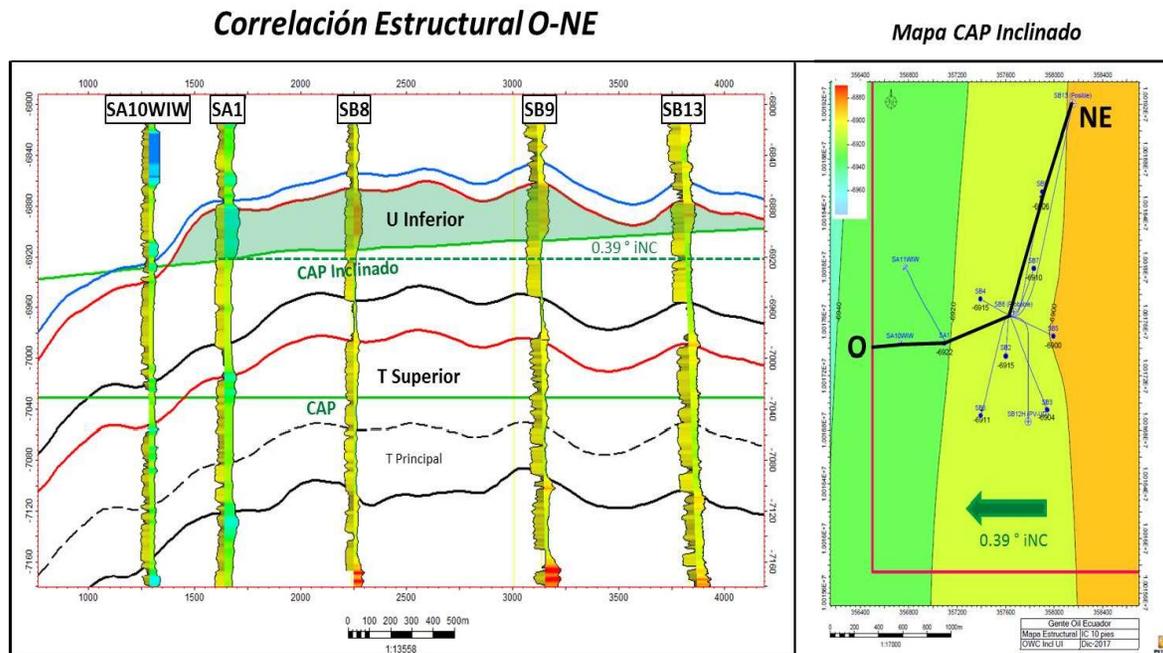


**Figura 3-20 Correlación Estructural, pozos Campo Singue**

Fuente: Gente OIL Ecuador, 2022

**Correlación estructural:** A través de este tipo de correlaciones se analiza la posición estructural de los reservorios en cada pozo. En el campo Singue se puede analizar la razón por la cual la arenisca T Superior no fue muy prospectiva en el Singue-A1. El desarrollo (espesor) de U Inferior de este pozo provoca que la T Superior pierda posición estructural y, por ende, la columna de petróleo al contrario de Singue-B2, donde la U Inferior a pesar de que estructuralmente está a la misma posición del Singue-A1 tiene poco desarrollo, lo cual provoca que la T Superior gane posición estructural y consecuentemente más columna de petróleo.

En esta correlación (Figura 3-20) también se puede apreciar la posición de los Contactos Agua-Petróleo (CAP) de los dos principales reservorios, mientras en la T Superior el CAP muestra cierta horizontalidad y la U Inferior muestra variaciones en cada pozo. Como ejemplo, se puede citar el CAP de la T Superior entre los pozos Singue-B2 y B5, donde sus valores son de 7030 pies y 7031 pies TVDSS respectivamente (un pie de diferencia), con un promedio del campo de -7031 pies TVDSS. Mientras que en la U Inferior es -6915 pies TVDSS en Singue-B2 y -6900 pies TVDSS para B5, dando una diferencia de 15 pies. Esta diferencia en los valores del CAP para la U Inferior ha sido interpretada como un Contacto Agua-Petróleo inclinado provocado por hidrodinamismo, concepto que se fundamenta en teorías de CAP inclinado aplicadas en otros campos y reservorios a lo largo de la cuenca Oriente. El pozo Singue-B13 mostró CAP a la U Inferior en -6900 TVDSS, con lo cual se demuestra la presencia de este contacto inclinado. Singue es una estructura pequeña y se ha estimado que el contacto tendría una inclinación de  $0,39^\circ$  buzando hacia el oeste, datos que fueron confirmados con la información del Singue-B8 y Singue-B13, razón por la cual se los ha incluido en esta nueva correlación (Figura 3-21).



**Figura 3-21 Contacto Agua-Petróleo Inclinado en la Arenisca U Inferior**

Fuente: Gente OIL Ecuador, 2022

Para el caso de la U Superior y Hollín, los pozos Singue-B3, B5, B6 y B9 han mostrado mejor prospectividad debido a su posición estructural. En la arenisca M2, por sus pobres características como reservorio, resulta difícil establecer si la posición estructural ayuda a su prospectividad.

### 3.1.3.6 Conclusiones

- > El bloque Singue forma parte de la cuenca sedimentaria oriental ecuatoriana, constituida por una potente serie de rocas sedimentarias marino-continetales.
- > En el área de estudio aflora la formación Curaray y depósitos aluviales.
- > Todos los PAD del bloque Singue, la plataforma Singue Norte proyectada, la línea de flujo y la vía desde Singue B a Singue Norte se localizan en la unidad litológica Curaray.
- > El campo Singue se ubica hacia el norte del *trend* estructural proveniente desde los campos Sansahuari-Cuyabeno, los cuales se formaron como resultado de la inversión tectónica del Eoceno temprano a medio (Baby et al., 2014). En tal razón, se puede asumir que la estructura Singue tiene la misma edad de estructuración.
- > En la actualidad se ha conservado la interpretación de la estructura Singue en función de los resultados del pozo de avanzada Singue-B13, que muestra la prolongación norte del anticlinal principal que constituye el campo Singue. Sus dimensiones anteriores eran de 3 km de largo y 1,4 km de ancho; con la interpretación actual, sus dimensiones alcanzan los 5,3 km de largo por 1,6 de ancho.
- > El mapa estructural al tope de U Inferior no muestra un cierre efectivo a los cuatro lados, especialmente hacia la extensión noreste del campo. Sin embargo, la presencia de un Contacto Agua-Petróleo inclinado en U Inferior sería el responsable del entrapamiento de petróleo a este reservorio. La estructura al reservorio U Inferior cubre un área de 2271 acres.
- > Se han determinado seis yacimientos petrolíferos en los pozos perforados en el campo Singue, de los cuales la arenisca basal Tena y arenisca M-2 aún no se han probado, a pesar de que durante la

perforación estas mostraron indicios de hidrocarburo. Las otras cuatro, como la arenisca Superior U, la arenisca U inferior, la arenisca T Superior y la arenisca Hollín ya se han probado, pero solo la U Inferior y T Superior han demostrado ser los principales reservorios productores.

### 3.1.4 **Geomorfología**

#### 3.1.4.1 **Metodología**

La metodología utilizada para cumplir con los objetivos propuestos incluyó lo siguiente:

- > Reconocimiento general de las estructuras geomorfológicas del sector, que se basa en el Sistema de Clasificación Geomorfológica (Sigtierras 2015), que se resume en la Tabla 3-4, donde la región se define a la relación que existe entre las estructuras morfotectónicas en función de cómo se encuentra dividido el territorio continental del Ecuador y las regiones geomorfológicas, a saber: región de la plataforma costanera, región de la cordillera occidental, región interandina, región de la Cordillera Real, región subandina, región oriental y región austral.
- > Cada región se divide en función de las características ecológicas que abarca, como son: altitud, precipitación, temperatura, cobertura vegetal, actividades antrópicas, entre las más importantes; en el presente caso de estudio, se localiza en la región oriental del Ecuador.
- > La unidad de cada paisaje geomorfológico engloba a los procesos morfogénicos generados por la evolución tectónica (endógenos) del sector, así como su modelado que relaciona a las geoformas con la evolución morfodinámica (procesos exógenos); en este caso, se tiene un sistema colinado y un sistema bajo y pantanoso.
- > Realizar el análisis de los riesgos por procesos geomorfológicos. Se los ha desarrollado como estabilidad geomorfológica.
- > Se colectó información temática, tanto bibliográfica como cartográfica, la cual fue clasificada y analizada. La información básica fue el levantamiento de cartografía temática escala 1: 25 000, del cantón Putumayo de Sigtierras, 2015. Toda la información recopilada se enriqueció con información obtenida durante las fases de gabinete y campo.
- > Primeramente, se reinterpretó el sector con ayuda de las imágenes satelitales (SPOT 7, resolución 1,5 m, 2019), se elaboró el Mapa de Pendientes, con lo cual se obtuvo el Mapa Geomorfológico preliminar, que se corroboró con observaciones de campo; luego, se definió el Mapa Geomorfológico definitivo, con sus respectivas leyendas (Anexo A. Cartografía, 3.1-10 GEOMORFOLOGIA).

**Tabla 3-4 Rangos de Pendientes**

| Clase | Rango de Pendiente (%) | Tipo de Pendiente      |
|-------|------------------------|------------------------|
| 1     | 0-2                    | Plana                  |
| 2     | 2-5                    | Muy suave              |
| 3     | 5-15                   | Suave                  |
| 4     | 15-25                  | Moderada               |
| 5     | 25-45                  | Abrupta                |
| 6     | 45-70                  | Muy abrupta            |
| 7     | > 70                   | Extremadamente abrupta |

Fuente: Modificado de Sigtierras 2015  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

Las pendientes dominantes en el área geográfica estudiada son suaves a moderadas comprendidas entre el 5 al 15 %; le siguen de planas a muy suaves, comprendidas entre 0 y 5 %. Son muy esporádicas pendientes abruptas mayores al 45 %.

El área de estudio está inmersa en la denominada región amazónica u oriental, dentro de la cual se tiene dos sistemas de paisaje: el colinado y el bajo aterrazado y/o pantanoso.

Como está descrito en la sección de geología, en el área afloran rocas y depósitos sedimentarios de edades Mioceno a Cuaternario. No hay perturbaciones estructurales tectónicas importantes. El conjunto de rocas sedimentarias neogénicas-cuaternarias forman el sistema de colinas estructurales, de manera preferente como llanuras onduladas. Los depósitos recientes cuaternarios agrupan a un sistema de llanuras de variada disección, pantanos y valles de terrazas de diferente altitud.

Los ríos Singue y Sansahuari, de formas meándricas, tienen drenajes subdentríticos de densidad baja. Hacia los márgenes del sistema de drenaje, la geomorfología está dominada por el conjunto de colinas estructurales de diferente altitud.

La morfología del sector está comprendida ente altitudes de 240 a 280 msnm, de pendientes planas a moderadas, donde hay un predominio de rangos de pendientes entre 5-15 %.

### 3.1.4.2 Sistema de Clasificación Geomorfológico

En el Anexo A. Cartografía, Mapa 3.1-10 GEOMORFOLOGIA, se presenta la información cartográfica obtenida en el presente estudio. Este mapa incluye todas las unidades y geformas identificadas en el área de estudio. Las unidades del mapa se clasificaron en tres jerarquías, las que se definen como:

- > Regiones
- > Sistemas
- > Paisajes geomorfológicos

En la Tabla 3-5 se presenta una breve descripción de las unidades geomorfológicas identificadas y su jerarquía.

**Tabla 3-5 Unidades del Paisaje Geomorfológico**

| Unidades Geomorfológicas |   |                                      | Símbolo | Pendiente | Descripción   | Susceptibilidad a los Fenómenos Morfodinámicos      | Infraestructura Asociada                           |
|--------------------------|---|--------------------------------------|---------|-----------|---|---|--|
| Región                   | Sistemas                                | Unidades del Paisaje                 |         |           |   |   |  |
| Región oriental          | Llanuras aluviales, terrazas y pantanos | Valle fluvial, llanura de inundación | Vf      | 0-5 %     | Depósitos aluviales, terrazas activas asociadas directamente a la dinámica fluvial.                                   | Alta a las inundaciones periódicas                  | Plataforma Singue Norte y DDV                      |
|                          | Colinas                                 | Colinas muy bajas a bajas            | C1      | 5-25 %    | Colinas muy bajas a bajas, muy disectadas, de cimas planas y alargadas. Con desniveles en su interior entre 5 y 25 m. | Moderada a la erosión y movimientos en masa         | Plataforma Singue Norte, plataforma Singue B y DDV |
|                          |   | Colinas medias.                      | C2.     | 5 a 25 %  | Colinas <i>medias</i> muy disectadas, de cimas planas y redondeadas. Con desniveles en su interior entre 25 y 50 m.   | Media a moderada a la erosión y movimientos en masa | DDV  |

Fuente: Modificado de Sigtierras 2015  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### **3.1.4.3 Paisajes Geomorfológico**

Se ha identificado los siguientes paisajes:

#### **3.1.4.3.1 Paisajes de Colinas Muy Bajas a Bajas (C1)**

Son colinas estructurales no plegadas, modeladas en un ambiente de disección y erosión, en rocas sedimentarias en posición subhorizontal de la formación Curaray, distribuidas en altitudes entre 240 y 280 msnm en clima húmedo tropical, por lo que sobre estas se ha desarrollado profundos suelos residuales rojos dando aspecto de “colinas en media naranja” (Sigtierras, 2015).

Los paisajes colinados presentan pendientes no mayores al 15 %, formando colinas muy bajas y bajas de cimas alargadas, con un desnivel relativo dominante entre 5 y 25 m. Comprenden el 51,08 % del área geográfica de estudios. El mayor porcentaje de la plataforma Singue Norte en estudio y varios tramos de la vía de acceso y la línea de flujo atraviesan por este paisaje.

En general, las condiciones de drenaje son buenas; en las áreas elevadas la pendiente permite la adecuada evacuación de las aguas lluvias, mientras que las zonas deprimidas son drenadas por los cursos de agua que allí se ubican. Hay pocas depresiones en las que las condiciones de drenaje son regulares.

Esta unidad geomorfológica se presenta estable frente a los fenómenos morfodinámicos, la erosión es media y no se presentan fenómenos de remoción de masa importantes, la susceptibilidad a estos es de media a moderada.



**Figura 3-22 Colinas Muy Bajas Sector de la Plataforma Singue Norte (WGS 84 zona 18 sur: 356608-10020477)**

Fuente: Entrix, agosto 2023

#### **3.1.4.3.2 Paisajes de Colinas Medias (C2)**

Son colinas estructurales no plegadas, modeladas en un ambiente de disección y erosión, en rocas sedimentarias en posición subhorizontal de la formación Curaray, distribuidas en altitudes entre 260 y 280 msnm en clima húmedo tropical.

Los paisajes colinados presentan pendientes no mayores al 25 %, formando colinas muy bajas y bajas de cimas alargadas, con un desnivel relativo dominante entre 25 y 50 m. Comprenden el 30,38 % del área geográfica de estudio.

En general, las condiciones de drenaje son buenas; en las áreas elevadas la pendiente permite la adecuada evacuación de las aguas lluvias, mientras que las zonas deprimidas son drenadas por los cursos de agua que allí se ubican. Hay pocas depresiones en las que las condiciones de drenaje son regulares.

Esta unidad geomorfológica se presenta estable frente a los fenómenos morfodinámicos, la erosión es media y no se presentan fenómenos de remoción de masa importantes, la susceptibilidad a estos es de media a moderada.



**Figura 3-23 Colinas Medias en el Sector del DDV de la Línea de Flujo (WGS 84 zona 18 sur: 357542-10018007-abscisas: 1+000 1+200)**

Fuente: Entrix, agosto 2023

#### **3.1.4.3.3 Paisajes de Valle Fluvial, Llanura de Inundación (Vf)**

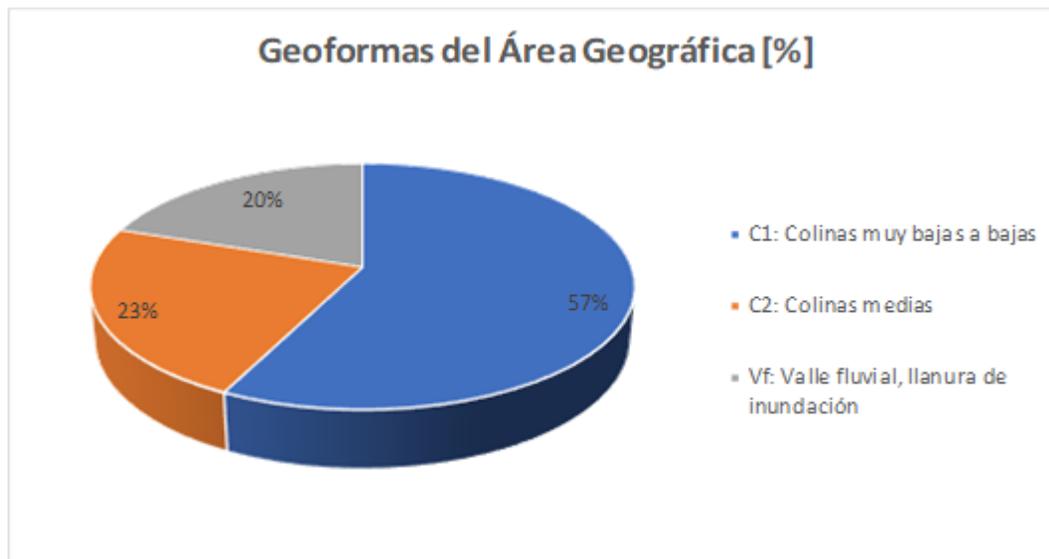
Se trata de amplias llanuras de divagación fluvial de los ríos Singue y Sansahuari, asociadas directamente a la dinámica fluvial. Se distribuyen en áreas cercanas a los ríos antes indicados; son terrazas activas que cambian con frecuencia luego de cada crecida del río desarrolladas en ambientes de relieve plano muy suave, pendientes inferiores al 5 %, con deficiente drenaje, con suelos formados a partir de materiales aluviales distales recientes, de rodados y arenas en matriz de texturas variables. Comprenden el 18,54 % del área geográfica de estudio. Un pequeño sector de la plataforma Singue Norte intervendrá en este paisaje.



**Figura 3-24 Valle Fluvial Sector Suroeste de la Plataforma Singue Norte (WGS 84 Zona 18 Sur: 356552-10020383)**

Fuente: Entrix, agosto 2023

A continuación, la figura presenta el porcentaje de cada geoforma en el área geográfica de estudio:



| Geoforma                                 | %     |
|--|-------|
| C1: Colinas muy bajas a bajas            | 51,08 |
| C2: Colinas medias                       | 30,38 |
| Vf: Valle fluvial, llanura de inundación | 18,54 |

**Figura 3-25 Áreas en Función de las Geoformas en Porcentaje del Área Geográfica de Estudio**

Fuente: Modificado de Sigtierras, 2015  
Elaboración: Entrix, agosto 2023

#### **3.1.4.4 Conclusiones**

- > Los ríos principales son el Singue y el Sansahuari, de formas meándricas, tienen drenajes subdentríticos de densidad baja. Hacia los márgenes del sistema de drenaje, la geomorfología está dominada por el conjunto de colinas estructurales de diferente altitud y, en mayor proporción, por sus valles fluviales de extensión importante.
- > La morfología del sector está comprendida entre altitudes de 240 a 280 msnm, de pendientes planas a moderadas, donde hay un predominio de rangos de pendientes entre 0-15 %.
- > Se ha identificado solo tres paisajes geomorfológicos, donde el mayor porcentaje del área geográfica de estudio corresponde a los paisajes de colinas muy bajas a bajas (C1), con 51,08 %, por lo que el mayor porcentaje de las áreas a ser intervenidas se localizan en este paisaje que es de relieve relativamente plano a levemente ondulado, en pendientes inferiores al 15 %, con un grado de disección ligero a moderado.
- > Las otras geoformas solo serán intervenidas por secciones muy reducidas por la plataforma Singue Norte y el derecho de vía de la línea de flujo proyectada.

#### **3.1.5 Estabilidad Geomorfológica**

La estabilidad es la capacidad que tienen los elementos de las estructuras de soportar las acciones sin volcar o caer. Desde el punto de vista geomorfológico, hace alusión a movimientos gravitacionales, como caídas, deslizamientos, flujos, reptaciones y otros.

##### **3.1.5.1 Metodología**

Este método es de tipo analítico. El análisis y valoración de factores, tales como: pendiente del terreno, relieve, textura de los suelos, tipo de rocas, cubierta vegetal, uso actual del suelo, tectónica, sísmica y precipitación, permiten definir que existen zonas estables o zonas afectadas por inestabilidad geomorfológica (Anexo A. Cartografía, 3.1-9 ESTABILIDAD).

Esta metodología es una adaptación del Instituto Geográfico Militar (IGM), Instituto Panamericano de Geografía e Historia Sección Nacional del Ecuador (IPGH); Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM); Atlas Infográfico de Quito: Sociodinámica del Espacio y Política Urbana, la metodología anteriormente citada tiene relación con el Manual de Deslizamientos de tierra (*The Landslide Handbook-A Guide to Understanding Landslides*). U.S. Geological Survey, 2008. La adaptación en referencia se ajusta a las condiciones geomorfológicas del entorno del área de estudio.

Por otro lado, para tener una visión clara de los riesgos físicos naturales que podrían afectar al área geográfica de estudio, al final de este subtema, en el Tabla 3-6, se realiza una interpretación de la estabilidad geomorfológica de las unidades fisiográficas y los riesgos físicos naturales.

##### **3.1.5.2 Categorías**

###### **3.1.5.2.1 Zonas Estables (E1)**

Son todos aquellos medios actualmente sin problema de inestabilidad, debido a que algunos de los factores físico-naturales se presentan a favor del medio, dando lugar a que los procesos morfodinámicos de superficie no se puedan desarrollar.

Ocupan áreas de relieve plano a ondulado suave; en áreas de valles fluviales están asociadas con la categoría E2, de texturas finas y medias, con una cobertura de cultivos asociada con vegetación arbórea, influenciada por precipitaciones mayores a 3000 mm.

### 3.1.5.2.2 Zonas Relativamente Estables (E2; E1-E2)

Esta categoría corresponde a áreas donde la estabilidad de uno a varios factores físico-naturales es moderada, lo que crea una mediana potencialidad de rotura del equilibrio natural.

Ocupa áreas de valle fluvial, llanura de inundación con pendientes planas a suaves, colinas muy bajas a bajas con pendientes de hasta el 15 %, de textura arcillosa, con una cobertura de bosque y también cultivos y pastos influenciados por precipitaciones mayores a los 3000 mm. En áreas de valles fluviales está asociada con la categoría E1.

El mayor porcentaje de la plataforma Singue Norte como la vía de acceso Singue B-Singue Norte y la línea de flujo Singue Norte-Singue B está dentro de esta zona.

### 3.1.5.2.3 Zonas Medianamente Inestables ([E2]-E3)

Esta categoría corresponde a áreas donde la inestabilidad de varios factores físico-naturales es moderada a alta, lo que crea un riesgo potencial de rotura del equilibrio natural.

Corresponde a áreas de colinas medias, con pendientes moderadas y está asociada con la categoría E3 en diferentes porcentajes, son zonas de pendientes suaves a moderadas.

### 3.1.5.2.4 Zonas Muy Inestables (E4)

Esta categoría corresponde a zonas relativamente inestables, muy propensas a que el equilibrio de varios factores rompa el equilibrio natural por efecto de agentes externos, lo que crea un riesgo potencial muy alto. En este caso, se ha identificado el tipo de zonas que se presentan en la Tabla 3-6, donde se relaciona la estabilidad geomorfológica y el riesgo físico:

**Tabla 3-6 Estabilidad Geomorfológica y Riesgo Físico**

| Categoría  | Paisaje Geomorfológico  | Símbolo   | Procesos Geomorfológicos   | Riesgo Físico |
|--|---|-----------|--|---------------|
| Zona Estable   | No aplica   | E1        | Socavamientos y erosión lateral. Inundaciones esporádicas en sectores bajos.   | Bajo          |
| Zona Medianamente Estable  | Valle fluvial, llanura de inundación con pendientes planas a suaves. Colinas muy bajas a bajas, de pendientes suaves a moderadas. | E2; E1-E2 | Socavamientos y erosión lateral. Movimientos en masa pequeños. Reptación de suelos. Inundaciones con las crecidas de los ríos en sectores bajos. | Medio         |
| Zona Medianamente Inestable  | Colinas medias, de pendientes moderadas   | E3-(E2)   | Movimientos en masa pequeños a medianos. Reptación de suelos.  | Medio alto    |
| Zona Muy Inestable   | No aplica   | E4        | Movimientos en masa medianos a grandes.  | Muy alto      |
| Relación: E1 = 100 %; E2 = 100 %; E4 = 100 %; E1-E2 = 50-50 %; (E2)-E3 = 70-30 % |   |           |  |               |

Fuente y elaboración: Entrix, septiembre 2023

### 3.1.5.3 Conclusiones

- > El área geográfica del proyecto se localiza dentro de zonas de estable a mediana inestabilidad, está entre unas zonas de estabilidad E1, E2 y E3, predominan pendientes menores al 25 % de aceptable drenaje superficial, el sustrato rocoso es sedimentario y aluvial reciente. No se ha detectado zonas de características Muy Inestables.
- > De acuerdo con este análisis, en el área geográfica de estudio no existen riesgos de inestabilidad geomorfológica potenciales, el riesgo es de carácter medio a medio alto. Los movimientos en masa se

presentan con baja regularidad, especialmente en las épocas de grandes precipitaciones que están asociados a la sobresaturación de los suelos, a la fuerte pendiente natural que se localiza en reducidos sectores y a áreas con intervención antrópica.

- > Un proceso muy generalizado que se observa en el sector analizado es la presencia de potentes suelos residuales de alta plasticidad, todos ellos se encuentran sobresaturados casi todo el año debido a las condiciones climáticas de la región, estos pueden ser afectados por reptación de suelos, incluso en áreas planas, como también pueden generar fenómenos de remoción en masa de alguna importancia.
- > Es importante destacar que el derecho de vía donde se proyecta cimentar las infraestructuras para la operación del proyecto se localiza en una zona estable **E1** a medianamente estable **E1-E2** y **(E2)-E3**. Geomorfológicamente, se ha detectado algunas áreas medianamente inestables debido a la presencia de zonas mal drenadas, que son el resultado de las características de los suelos y el pobre drenaje de estos.

### **3.1.6 Tectónica**

La división tectónica del Oriente ecuatoriano se divide en dos dominios: subandino y oriental o de plataforma; se basa originalmente en la expresión topográfica de las estructuras (Tschopp, 1953).

La mayor parte de la zona subandina consiste en cadenas montañosas de dirección norte-sur, en las cuales afloran estratos de rocas del Paleozoico superior y más jóvenes, cortados por fallas inversas de alto grado de buzamiento. En la zona oriental se observa un terreno de bajo relieve, en el cual las estructuras del subsuelo se manifiestan localmente por pendientes superficiales de muy bajo grado y por suaves alineamientos del drenaje.

Los perfiles sísmicos con buena resolución muestran que la mayor parte de las estructuras de la cuenca oriental se enmarcan en un conjunto de fallas dispuestas en un arreglo "en echelon". Las fallas emergen del basamento cortando a varios niveles de la cubierta sedimentaria afectándola de diversas maneras. Las fallas del basamento ocupan dos subdominios geográficamente distinguibles (P. Baby, M. Rivadeneira, R. Barragán, 2004): en el primer subdominio, que comprende la parte norte de la cuenca y que se ubica entre el sector del río Curaray (río Indillamayacu) y el río San Miguel, las fallas presentan una dirección preferencial nor-noreste y continúan con esta dirección hacia la cuenca del Putumayo en Colombia; en el segundo subdominio, que comprende la parte sur de la cuenca y que se ubica desde el sector del río Curaray hasta el río Tigre en el Perú, las fallas presentan una dirección dominante norte-sur.

La dirección de las fallas de los dos subdominios de la cuenca oriental es aproximadamente paralela a las tendencias estructurales de los levantamientos Napo y Cutucú. En general, se puede inferir que las tendencias regionales se disponen de acuerdo con el arreglo del basamento.

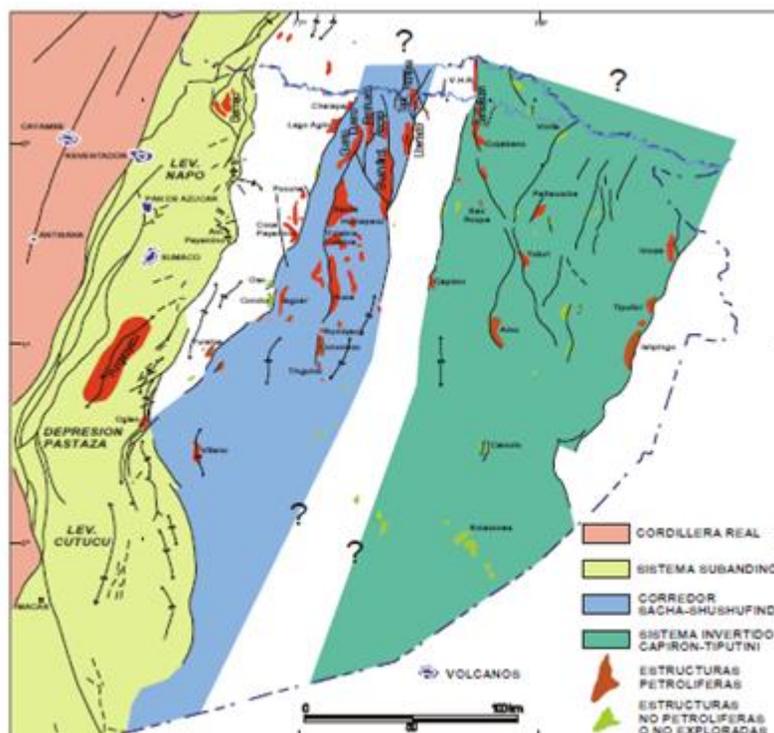
La zona de transición entre estos dos subdominios, donde las fallas cambian de dirección, se extiende desde la depresión del Puyo en la zona subandina, siguiendo de forma paralela al río Curaray hacia el este. En esta zona de transición, las estructuras se salen del esquema regional de los dos subdominios presentando una dirección noroeste-sureste.

Se puede notar, también, que algunas fallas han soportado una inversión tectónica de sistemas de esfuerzos de extensión en el basamento, a sistemas de esfuerzos de compresión en el paquete sedimentario.

Considerando la división anterior, los campos Cuyabeno, Sansahuari, Singue y VHR se ubican dentro del sistema Capirón-Tiputini, el cual corresponde a una cuenca extensiva, actualmente invertida y estructurada por fallas lútricas que se conectan sobre un nivel de despegue horizontal en el basamento. Las estructuras petrolíferas están asociadas con anticlinales fallados, desarrollados sobre semigrabens jurásicos, producto de una inversión tectónica del Eoceno temprano o de varias reactivaciones.

El campo Singue se ubica hacia el norte del *trend* estructural proveniente desde los campos Sansahuari-Cuyabeno, los cuales se formaron como resultado de la inversión tectónica del Eoceno temprano a medio (Baby et al., 2014); en tal razón, se puede asumir que la estructura Singue tiene la misma edad de estructuración. En la actualidad se ha conservado la interpretación de la estructura Singue en función de los resultados del pozo de avanzada Singue-B13, que muestra la prolongación norte del anticlinal principal que constituye el campo Singue. Sus dimensiones anteriores eran de 3 km de largo y 1,4 km de ancho; con la interpretación actual, sus dimensiones alcanzan los 5,3 km de largo por 1,6 de ancho (GENTE OIL Ecuador, 2022).

El campo Singue es una estructura de tipo anticlinal de dirección preferencial norte-sur, muy poco influenciada por la falla localizada en el flanco occidental, pues aparentemente no existe cierre de la estructura contra la falla y presenta un adelgazamiento, lo que indica que se trata de una estructura antigua; es decir, ya estuvo formada en el momento de la migración de los hidrocarburos: esta estructura tiene una extensión de 1,2 km de largo por 0,9 km de ancho, dando un área aproximada de 1 km<sup>2</sup>.



**Figura 3-26 Mapa Tectónico de la Cuenca Oriente**

Fuente: La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo (Baby, P. et al., 2004)

En la Figura 3-30, del acápite Sismicidad, se ha graficado a las fallas cuaternarias que se localizan en las cercanías del área geográfica con la descripción de sus características geodinámicas.

### 3.1.7 Vulcanismo

La actividad volcánica está relacionada con los cinturones móviles de los Andes ecuatorianos. La mayoría de los volcanes activos del Ecuador se encuentran en las cordilleras Occidental y Real, normalmente entre los 110 y 150 km de la zona de Benioff, con excepción del eje Cerro Hermoso-Sumaco-Pan de Azúcar-Reventador, que se encuentra entre 170 y 180 km de esta zona (Woodward-Clyde, 1980); este eje se emplaza en el sector subandino.

Los volcanes Reventador y Sumaco son los más cercanos a la zona de estudio. Del primero, se tiene registros de su actividad desde 1541, hasta la última, que se registró en el 2022, el cual es un cono simétrico en actividad semipermanente, y la composición de los materiales es predominantemente basáltica. Según el registro histórico de las erupciones existentes, los flujos de lava solamente se circunscriben al área de influencia del cráter, y, en algún caso especial, los flujos de lodo y lava alcanzaron al río Quijos. Hay referencia de la presencia de cenizas en un radio de hasta 180 km.

El volcán Sumaco tiene un cono simétrico que indica actividad reciente, y se lo considera como activo. Su edificio se levanta sobre rocas mesozoicas del levantamiento Napo y sus lavas tienen una composición alcalina (Colony & Sinclair, 1928). Almeida (1991) lo describe como un complejo de aparatos, similar al Reventador, que ha pasado por varias etapas de reactivación, crecimiento y destrucción, como el actual proceso eruptivo de los últimos meses. El volcán está constituido por un edificio antiguo que ha sufrido un gran deslizamiento, y un cono nuevo que ha crecido al interior del anfiteatro dejado tras el deslizamiento (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2019).

### **3.1.7.1 Conclusiones**

- > Por la lejanía de los complejos volcánicos al área geográfica, no existen riesgos relacionados con estos fenómenos naturales.
- > Las amenazas relacionadas con estos fenómenos son eventualmente pequeñas caídas de cenizas en dependencia de la dirección del viento en una ocasional erupción.

### **3.1.8 Sismicidad**

Se denomina sismicidad al análisis del número de sismos que se suceden en una región geográfica determinada. Tal estudio registra en un mapa a los diversos epicentros existentes, además de tomar en cuenta la frecuencia con que suceden estos fenómenos (Definición ABC, Tu Diccionario Hecho Fácil, 2019).

#### **3.1.8.1 Metodología**

La ejecución del presente estudio se basó principalmente en la revisión y análisis de algunos de los estudios de peligrosidad sísmica realizados anteriormente para otros proyectos, así como a las publicaciones de diversos autores sobre la sismicidad y tectónica del Ecuador y de la parte noroccidental de Sudamérica. Este análisis no pretende ser un estudio completo y exhaustivo, sino, más bien a la luz de la información disponible, se intenta aportar datos sobre el peligro sísmico que tiene relación con el área geográfica del proyecto.

Para el análisis del presente estudio es necesario tener un enfoque regional, por lo que a continuación se describen los principales sistemas de fallamiento activo que afectan al Ecuador. Estos se encuentran ampliamente descritos en diferentes trabajos bien conocidos dentro de la literatura especializada, como el Mapa de Fallas y Pliegues del Ecuador, U. S. Geological Survey y Escuela Politécnica Nacional, 2003.

#### **3.1.8.2 Categorías**

##### **3.1.8.2.1 Neotectónica**

El contexto geodinámico del Ecuador ha permitido definir tres tipos de fuentes sísmicas: fuentes de interfase, corticales y profundas (Alvarado, 2012; Alvarado et al., 2016).

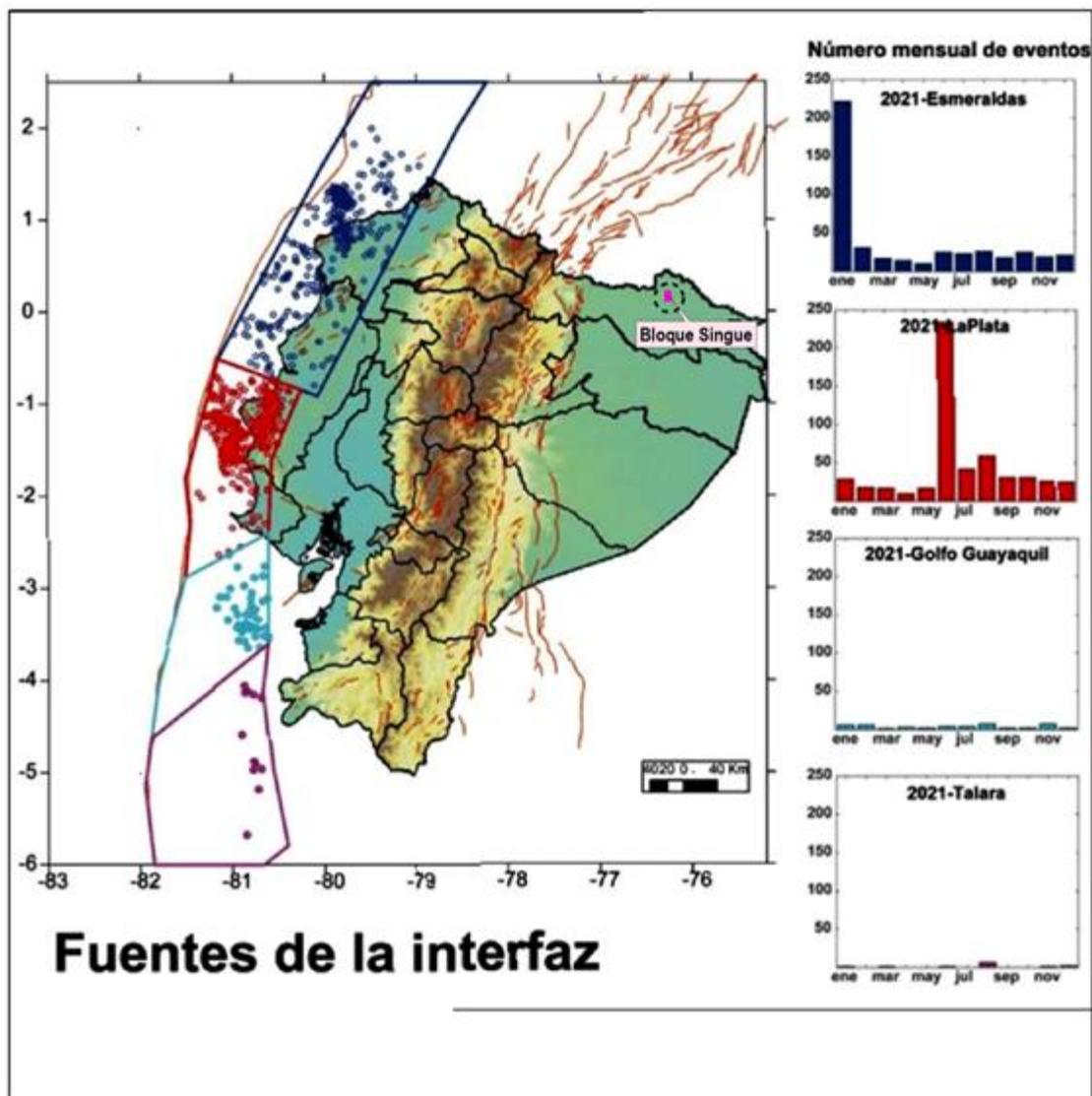
La interfase corresponde a la zona donde la placa de Nazca choca y se subduce debajo de los bloques andino e inca, conformando cuatro fuentes sísmicas: Talara, Golfo de Guayaquil, La Plata y Esmeraldas, que se extienden desde la fosa hasta una profundidad que varía entre 40 y 50 km.

Las fuentes corticales comprenden el sistema principal de fallas que delimitan el Sliver norandino (NAS) de la zona estable de Sudamérica: segmentos Puná, Pallatanga, Cosanga y Chingual (Alvarado, 2012;

Alvarado et al., 2016), los sistemas de fallas inversas Quito-Latacunga, el sistema de fallas de rumbo de El Ángel y las fallas que definen la zona subandina: Napo y Cutucú; además de dos fuentes que engloban la sismicidad dispersa fuera de las fallas principales: BGN, que comprende la zona de las cuencas de la Costa, y BGS, al sur del país (Yepes et al., 2016; Beauval et al., 2018).

Las fuentes profundas engloban la placa oceánica en subducción bajo el continente. La fractura de Grijalva es un rasgo morfológico importante en el fondo marino que separa dos cortezas oceánicas de diferente origen y edad: al norte, una placa Nazca joven y al sur una placa vieja denominada Farallón (Yepes et al., 2016; Beauval et al., 2018).

En las siguientes figuras y siguiente tabla se ha graficado y resumido las características de sismicidad en cada una de las fuentes sísmicas observadas para el 2021 (Instituto Geofísico EPN, 2021).



**Figura 3-27 Número Mensual de Eventos en las Fuentes de Interfaz\***

\*La profundidad de los eventos es de hasta 40 km, excepto la fuente de Esmeraldas que va hasta los 50 km.

Fuente: Instituto Geofísico EPN, 2021

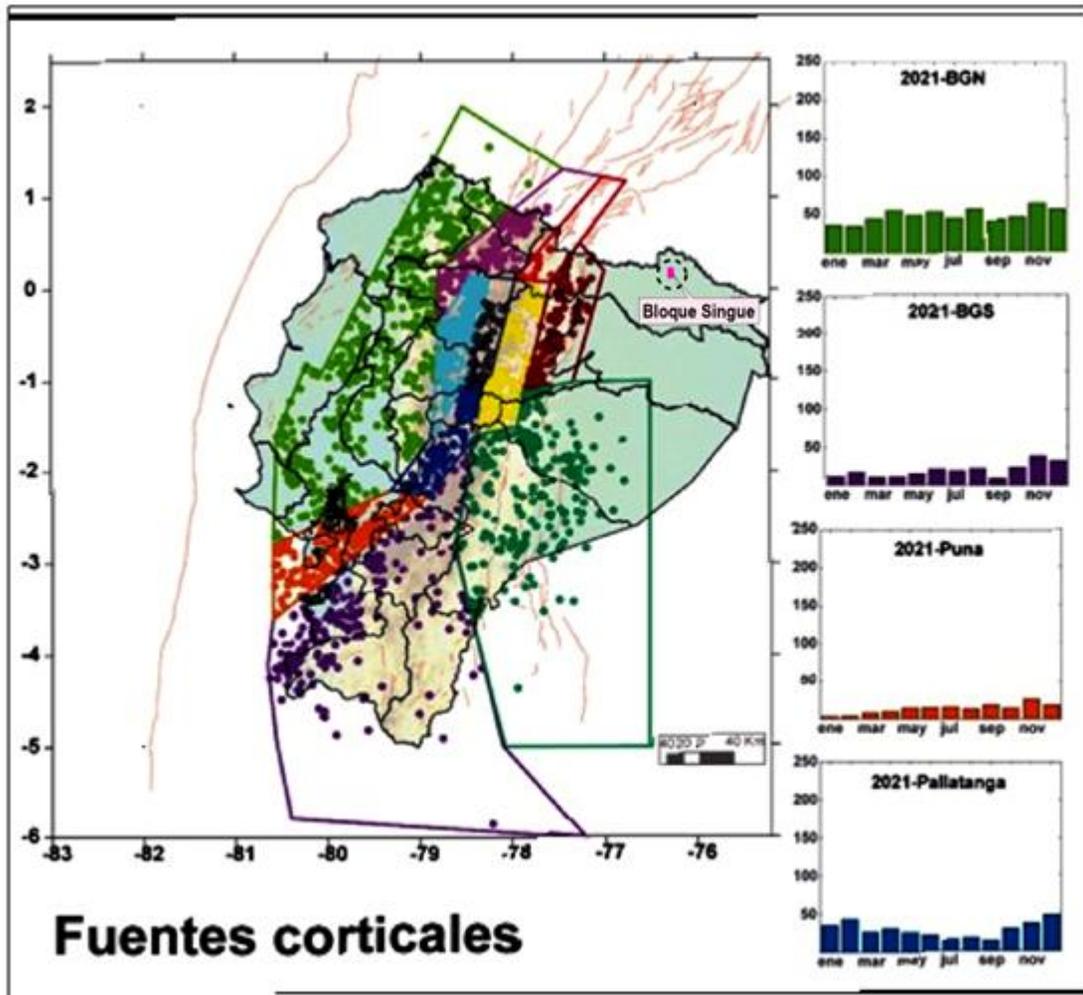


Figura 3-28 Número Mensual de los Eventos en las Fuentes Corticales (Beauval et al., 2018)\*

\*La profundidad de los eventos es de hasta 35 km.  
Fuente: Instituto Geofísico EPN, 2021

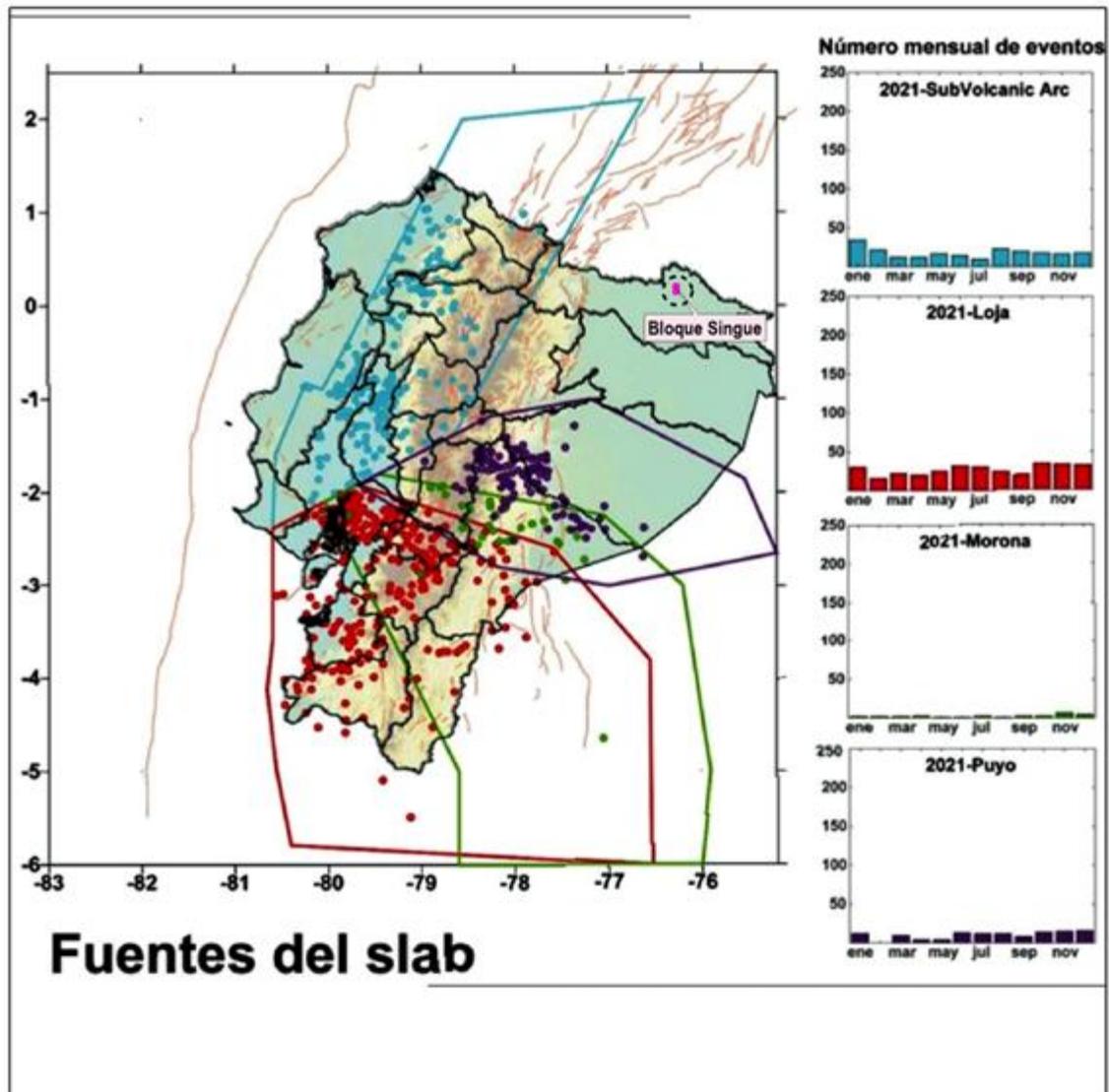


Figura 3-29 Número Mensual de los Eventos en las Fuentes Profundas que Incluyen el Slab\*

\* En esta figura no se considera la fuente Loreto  
Fuente: Instituto Geofísico EPN, 2021

Tabla 3-7 Características de la Sismicidad en cada Fuente Sísmica: Número de Eventos, Magnitud Máxima y Magnitud Promedio (2021)

| Tipo de Fuente                            | Nombre de la Fuente | Magnitud Máxima | Magnitud Promedio | Número de Eventos |
|---|---------------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Fuentes de la interfaz o de la subducción | Esmeraldas          | 4,75            | 2,67              | 450               |
|   | La Plata            | 5,43            | 2,68              | 539               |
|   | Golfo de Guayaquil  | 4,36            | 2,91              | 46                |
|   | Talara              | 3,43            | 2,87              | 12                |
| Fuentes corticales                        | BGN                 | 4,91            | 2,12              | 585               |
|   | BGS                 | 5,60            | 2,27              | 2,30              |
|   | Puná                | 4,53            | 2,47              | 159               |

| Tipo de Fuente          | Nombre de la Fuente | Magnitud Máxima | Magnitud Promedio | Número de Eventos |
|-------------------------|---------------------|-----------------|-------------------|-------------------|
|                         | Pallatanga          | 4,03            | 1,53              | 342               |
|                         | Cosanga             | 3,81            | 1,71              | 218               |
|                         | Chingual            | 2,63            | 1,79              | 12                |
|                         | El Ángel            | 3,12            | 1,00              | 294               |
|                         | UIO-Lat             | 4,57            | 1,28              | 398               |
|                         | Napo                | 4,56            | 2,22              | 130               |
|                         | Cutucú              | 5,2             | 2,50              | 256               |
|                         | IAV-E               | 2,79            | 107               | 67                |
| <b>Fuentes del slab</b> | Subvolcanic Arc     | 2,58            | 2,17              | 215               |
|                         | Loja                | 5,21            | 2,50              | 320               |
|                         | Morona              | 3,21            | 2,49              | 33                |
|                         | Puyo                | 4,03            | 2,64              | 119               |

Elaboración: Entrix, septiembre 2023  
Fuente: Instituto Geofísico EPN, 2021

Las fuentes sísmicas que tienen relación con el campo Singue son: cortical Napo, que tiene una magnitud máxima de 4,56 y promedio de 2,22; y la fuente del slab, con una magnitud máxima de 2,58 y promedio de 2,17.

Esta configuración ha originado la ocurrencia de alrededor de 125 sismos con magnitud  $M_s > 4$  entre 1901 y 1981 (Catálogo CERESIS, 1995). En el ambiente continental los sismos más importantes se ubican en la región interandina, entre los que se tiene al terremoto del 6 de marzo de 1987 en el Reventador con magnitud  $M_s = 6,8$ ; el terremoto de Ibarra del 16 de agosto de 1868, cuya magnitud  $M_s$  probable fue de 7,8, que produjo entre 15 000 y 20 000 víctimas (Catálogo CERESIS, 1995).

Estos terremotos pueden ser excedidos por los sismos de la plataforma submarina, como el ocurrido el 31 de enero de 1906, con magnitud  $M_s = 8,7$ , frente a las costas de Esmeraldas; este sismo está considerado como uno de los más fuertes del mundo; el sismo del 12 de diciembre de 1979, con magnitud  $M_s = 7,8$  en la misma región, frente a la frontera Ecuador-Colombia; ambos originaron tsunamis que afectaron las costas cercanas y fueron registrados en muchos otros lugares de la cuenca del Pacífico (Catálogo CERESIS, 1995). También el sismo frente de las costas de Manabí, el 16 de abril de 2016, a las 18h58 hora local, con una magnitud de 7,8 escala Richter, cuyo epicentro se localizó frente a la ciudad de Pedernales (Manabí) a una profundidad de 20 km (Yépez et al., 2016) (Anexo A Cartografía, Mapa 3.1-8 SISMICO).

De acuerdo con el análisis de la sismicidad histórica, se confirma que el área de estudio se ubica en una de las zonas de menor actividad sísmica del país. Durante el sismo del 6 de marzo de 1987, la región del proyecto experimentó intensidades entre V y VI (Yépez et al., 2016; Beauval et al.).

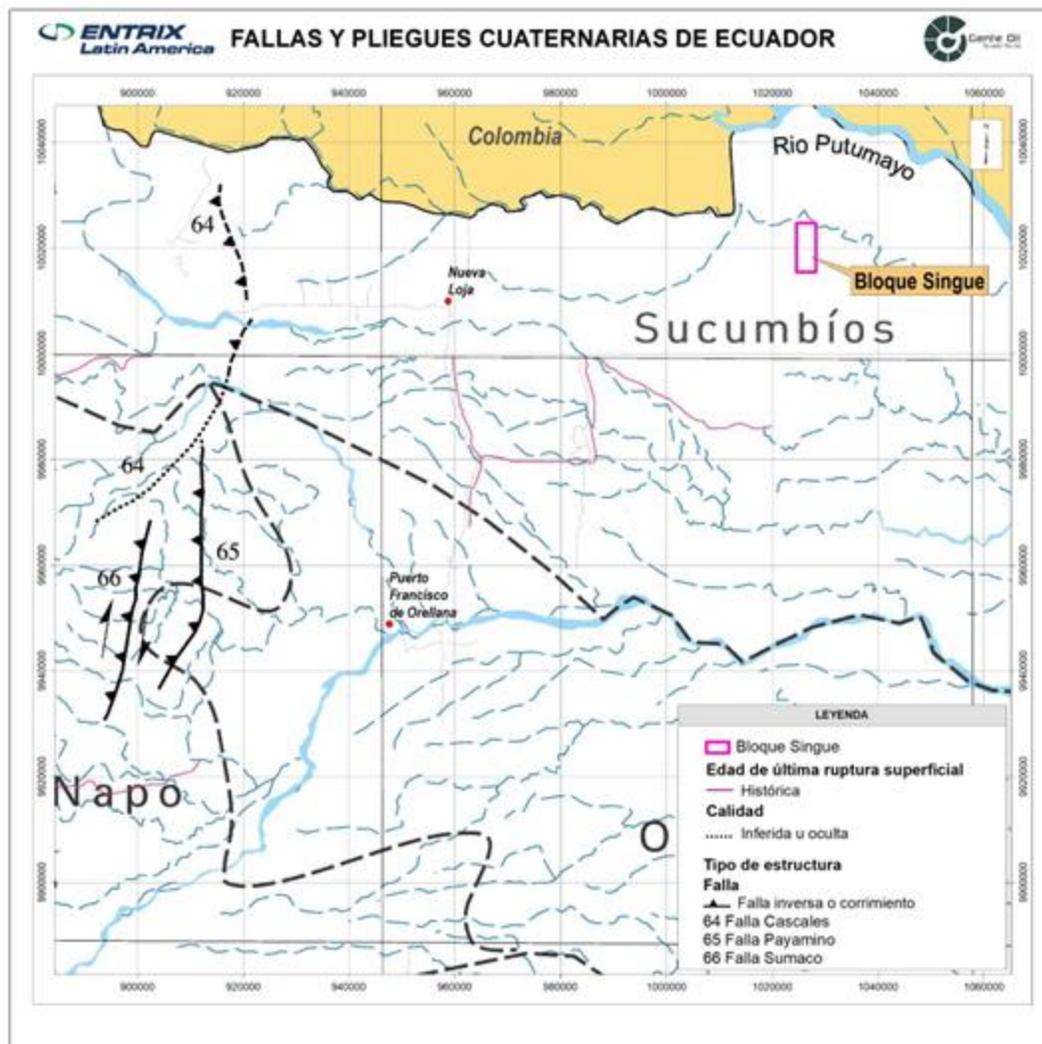
Los principales sistemas de fallamiento activo que afectan al área de estudio están presentados en el Mapa de Fallas y Pliegues del Ecuador, U. S. Geological Survey, Escuela Politécnica Nacional, 2003. Entre estas las fallas: Cascales (64), Payamino (65), Sumaco (66) y Puyo (73), de las cuales las más cercanas al bloque Singue son las tres primeras.

**Tabla 3-8 Características de las Fallas más Cercanas al Área del Proyecto**

| <b>Características de la Falla</b>   | <b>Cascales</b>   | <b>Payamino</b>   | <b>Sumaco</b>  | <b>Puyo</b>  |
|--------------------------------------|---|---|--|--|
| Tipo de falla/sentido del movimiento | Inversa   | Inversa   | Inversa  | Inversa  |
| Rumbo                                | N22°E±28°   | N10°E±16°   | N13°E±7°   | N13°E±18°  |
| Tasa de deslizamiento                | <1 mm/año   | <1 mm/año   | <1 mm/año  | <1 mm/año  |
| Tiempo del movimiento más reciente   | <1,6 Ma Cuaternario   | <1,6 Ma Cuaternario   | <1,6 Ma Cuaternario  | <1,6 Ma Cuaternario  |
| Recurrencia del intervalo            | Desconocida   | Desconocida   | Desconocida  | Desconocida  |
| Expresión geomorfológica             | La falla forma escarpes irregulares a lo largo de su traza sinuosa. | La falla forma escarpes irregulares a lo largo de su traza sinuosa. | La falla forma escarpes y controla los drenajes alrededor del flanco oriental del volcán Sumaco, que se muestran principalmente ocultos o inferidos. | La falla forma pequeñas colinas que tienen escarpas irregulares. |

Elaboración: Entrix, agosto 2023

Fuente: <https://pubs.usgs.gov/of/2003/ofr-03-289/OFR-03-289-text.pdf> 2003



**Figura 3-30 Fallas Cuaternarias en las Cercanías del Bloque Singue**

Fuente: U. S. Geological Survey, Escuela Politécnica Nacional, 2003

De acuerdo con el Mapa de Zonas Sísmicas para Propósitos de Diseño de la Normal Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, el área geográfica se ubica en una zona de bajo riesgo sísmico, con una aceleración máxima esperada de 0,15 g ( $Z = 0,15$  g).

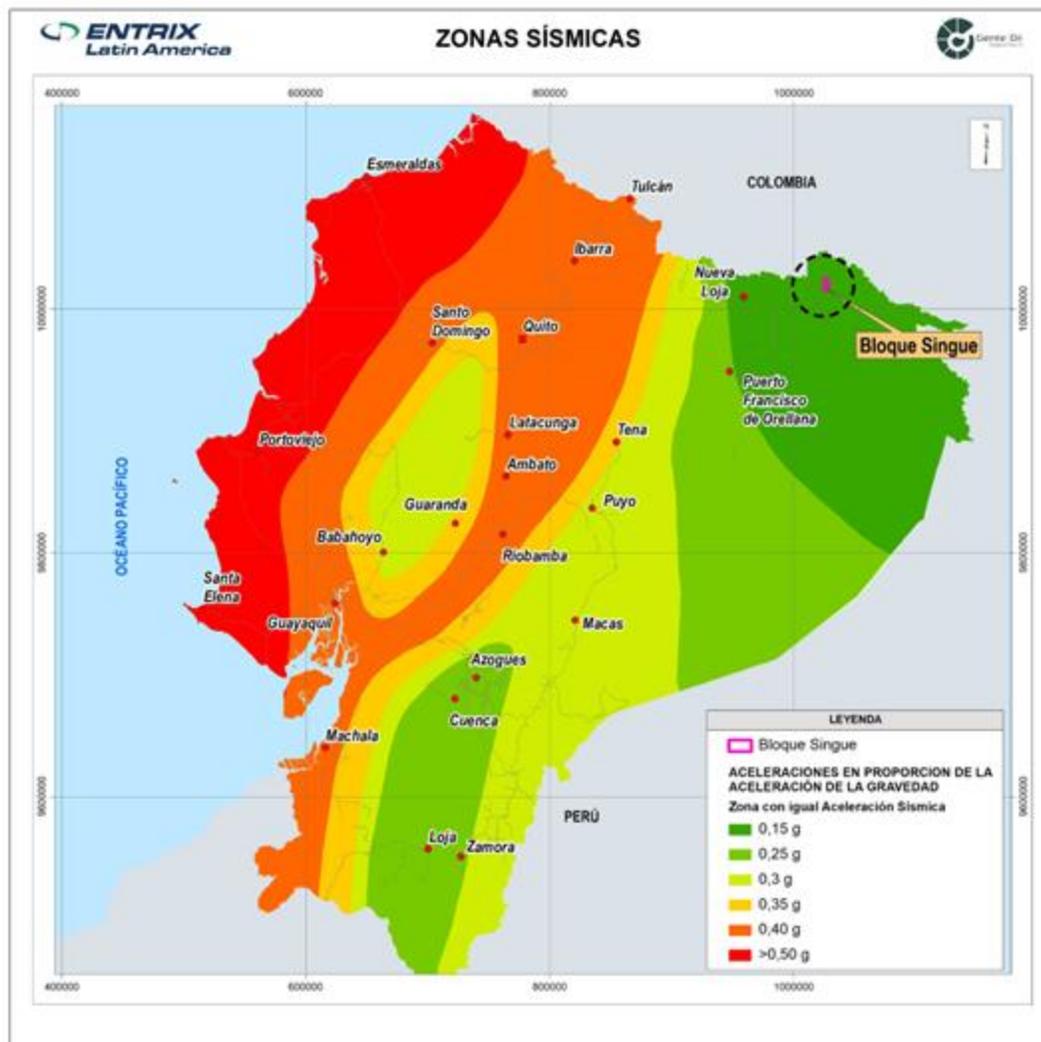


Figura 3-31 Mapa de Zonas Sísmicas para Propósitos de Diseño y Valor del Factor de Zona Z

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2014

### 3.1.8.3 Conclusiones

- > La Neotectónica que involucra al sector está controlada por tres tipos de fuentes sísmicas: fuentes de interfase, corticales y profundas.
- > En el sector, las fallas activas Cascales (64), Payamino (65), Sumaco (66) y Puyo (73) son las más cercanas al área geográfica.
- > De acuerdo con el mapa de Zonas Sísmicas para Propósitos de Diseño de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, el proyecto se ubica en una zona de bajo riesgo sísmico, con una aceleración máxima esperada de 0,15 g ( $Z = 0,15$  g).

### **3.1.9 Hidrogeología**

#### **3.1.9.1 Hidrogeología Regional**

Las características hidrogeológicas regionales del área de estudio se analizaron sobre la base de la litología y grado de permeabilidad estimada, debido a porosidad intergranular y/o fracturamiento que presentan las formaciones geológicas aflorantes en el sector; estos factores determinan la posibilidad de contener acuíferos de variadas características. Para la elaboración del Mapa Hidrogeológico Regional del proyecto, se empleó como referencia el Mapa Hidrogeológico del Ecuador, SENAGUA, 2015.

#### **3.1.9.2 Metodología**

La cartografía hidrogeológica es un conjunto de mapas especializados que tienen como base la topografía y la geología de un sector, sobre los cuales se presentan los recursos de aguas subterráneas. Esta cartografía permite la integración de los trabajos o investigaciones referidas a las aguas subterráneas, lo que posibilita la comprensión de la presencia, movimiento, cantidad y calidad de las aguas subterráneas, y tiene gran relevancia para planificadores y administradores, así como para los usuarios del recurso.

Hacia finales del 2014 e inicios del 2015, en el área que comprende las plataformas Singue 1, Singue B, Singue C, ubicadas hacia el sur de la plataforma Singue Norte (Anexo C. Documentos de Respaldo, C.1 Físico, C.1.7 Hidrología, Mapa Hidrogeológico Informe), se ejecutó un estudio hidrogeológico, el cual tuvo como finalidad conocer el comportamiento de los posibles acuíferos que se localizan dentro del perímetro estudiado. Por lo indicado y considerando que las áreas analizadas no son directamente las correspondientes con la plataforma Singue Norte, el estudio en mención es de carácter netamente referencial, es decir, permite dar una aproximación de las características hidrogeológicas de las áreas de interés.

Para la elaboración del Mapa Hidrogeológico Regional del proyecto se empleó la metodología propuesta por la UNESCO (1995), el Mapa I Mapa Geológico del sector a 1: 20 000 (Anexo A. Cartografía, 3.1-6 GEOLOGIA) y la base topográfica del área a escala 1: 50 000.

Para aplicar la metodología, se realiza una conceptualización general del comportamiento hidrogeológico de las unidades de roca y sedimentos, las cuales consideran los siguientes tipos:

**Acuíferos:** Unidad de roca o sedimento capaz de almacenar y transmitir agua entendida como el sistema que involucra las zonas de recarga tránsito y descarga, así como sus interacciones con otras unidades similares, aguas superficiales y marinas (Custodio, E. y Llamas, M. R., 1983. Hidrología subterránea [segunda edición]. Ediciones Omega, S. A.).

Los acuíferos, de acuerdo con su condición hidráulica, se clasifican en:

**Acuífero libre:** Se denominan también no confinados o freáticos y son aquellos en los cuales existe una superficie libre del agua encerrada en ellos que está en contacto directo con el aire y, por lo tanto, a presión atmosférica (Custodio, E. y Llamas, M. R., 1983. Hidrología subterránea [segunda edición]. Ediciones Omega, S. A.).

**Acuífero confinado:** Llamados también cautivos, confinados o a presión y son aquellos en los que el agua está sometida a una cierta presión superior a la atmosférica (Custodio, E. y Llamas, M. R., 1983. Hidrología subterránea [segunda edición]. Ediciones Omega, S. A.).

**Acuífero semiconfinado:** Son aquellos en los que la unidad que los encierra no es totalmente impermeable, sino un acuitardo, es decir, un material que permite la lenta filtración vertical del agua (Custodio, E. y Llamas, M. R., 1983. Hidrología subterránea [segunda edición]. Ediciones Omega, S. A.).

**Acuitardos:** Formación geológica que conteniendo apreciables cantidades de agua la transmiten muy lentamente, por lo que no son aptas para el emplazamiento de captaciones de aguas subterráneas; sin embargo, bajo condiciones especiales, permiten una recarga vertical de otros acuíferos que pueden llegar

a ser muy importantes en ciertos casos (Custodio, E. y Llamas, M. R., 1983. Hidrología subterránea [segunda edición]. Ediciones Omega, S. A.).

**Acuicludeos:** Formación geológica que conteniendo agua en su interior incluso hasta la saturación no la transmite y, por lo tanto, no es posible su explotación. Se puede citar como ejemplos los depósitos de arcillas de cualquier origen (Custodio, E. y Llamas, M. R., 1983. Hidrología subterránea [segunda edición]. Ediciones Omega, S. A.).

**Acuifugos:** Aquellas formaciones geológicas que no contienen agua ni la pueden transmitir, como, por ejemplo, un macizo granítico que no esté fisurado o unas rocas metamórficas sin meteorización ni fracturación se consideran impermeables (Custodio, E. y Llamas, M. R., 1983. Hidrología subterránea [segunda edición]. Ediciones Omega, S. A.).

A partir de la información disponible y basados en la relación directa existente entre la litología, la permeabilidad estimada y el comportamiento hidrogeológico de una unidad, a continuación, se realiza la caracterización hidrogeológica de las rocas presentes en el área de estudio.

El propósito del análisis hidrogeológico fue proveer una descripción de las unidades litológicas que existen en la zona de estudio y determinar las características básicas de los acuíferos potenciales que podría haber en la zona. En la descripción se presentan datos sobre parámetros que facilitan la clasificación de las unidades litológicas de acuerdo con su capacidad y utilidad.

### 3.1.9.3 Categorías

Las características hidrogeológicas se analizaron sobre la base de la litología y grado de permeabilidad estimada debido a porosidad intergranular y/o fracturamiento que presentan las formaciones geológicas aflorantes en el sector; estos factores determinan la posibilidad de contener acuíferos de variadas características. El Mapa Hidrogeológico (Anexo A.- Cartografía, 3.1-15 HIDROGEOLOGIA) muestra la hidrogeología del área geográfica; así, en la siguiente tabla, se resumen las características hidrogeológicas de las unidades aflorantes:

**Tabla 3-9 Unidades Litológicas por Permeabilidad Intergranular**

| Unidad Litológica   | Permeabilidad Estimada | Tipos de Acuíferos  | Vulnerabilidad Estimada | Infraestructura Asociada   |
|---------------------|------------------------|---|-------------------------|--|
| Depósitos aluviales | Alta (A)               | Superficiales de alto rendimiento. Niveles piezométricos < 5 m.                                   | Alta                    | Sector suroeste de la plataforma Singue Norte  |
| Formación Curaray   | Baja (B)               | Muy discontinuos, de muy bajo rendimiento. De difícil explotación. Niveles piezométricos > a 5 m. | Baja                    | Plataforma: Singue Norte. Vía de acceso Singue B a Singue Norte y línea de flujo Singue Norte-Singue B |

Elaboración: Entrix, septiembre 2023

#### 3.1.9.3.1 Unidades Litológicas por Porosidad Intergranular

##### Unidades Litológicas de Alta Permeabilidad (A)

Las unidades de alta permeabilidad son rocas clásticas no consolidadas, de edad holocénica; son las terrazas y depósitos aluviales de los ríos Singue y Sansahuari.

Los acuíferos aquí son localizados y superficiales, de extensión limitada y de aceptable rendimiento. Los niveles piezométricos generalmente son superficiales, menores que 5 m de profundidad. El agua subterránea de estos acuíferos puede aprovecharse mediante captaciones de pozos someros de gran diámetro. Como puede visualizarse en el Mapa Hidrogeológico del sector suroeste de la plataforma Singue Norte.

## **Unidades Litológicas de Permeabilidad Baja (B)**

Corresponde a la formación Curaray. Son potentes estratos de arcillas rojas, consolidadas, de baja permeabilidad, de baja posibilidad de contener acuíferos. Es un sistema hidrogeológico tipo acuitardo, cuyos niveles piezométricos son mayores a los 5 m de profundidad. En esta unidad hidrogeológica es frecuente encontrar vertientes de caudales muy bajos e incluso de tipo intermitente donde afloran estratos de areniscas de la formación. Un sector de la plataforma Singue Norte, como la vía de acceso Singue B-Singue Norte y la línea de flujo Singue Norte-Singue B se localizan en esta unidad.

### **3.1.9.4 Hidrogeología Local**

GENTE OIL, operadora del bloque 53 (Singue), en el 2015 efectuó un estudio hidrogeológico particular del sector de las plataformas Singue 1, Singue B y el área de la plataforma Singue C (plataformas que ya se encuentran licenciadas), por lo cual, para el desarrollo del presente acápite se ha tomado la información generada en el indicado estudio, ya que este proyecto se ubica cerca de la zona de estas plataformas y tuvo los siguientes objetivos:

#### **3.1.9.4.1 Objetivos**

- > Análisis de las características meteorológicas, hidrogeológicas, hidrológicas y geológicas existentes en el área comprendida entre las plataformas Singue 1, Singue B y Singue C.
- > Determinación de la permeabilidad del área de estudio a través de ensayos de permeabilidad de campo.
- > Determinar la piezometría en el área investigada.
- > Realización de perforaciones y construcción de pozos de monitoreo con el fin de conocer las características de la litología en la zona de estudio.
- > Expresar el comportamiento de la conductividad hidráulica del área de estudio a través de pruebas de *slug*.

#### **3.1.9.4.2 Metodología**

Se efectuó la perforación de seis piezómetros (dos por plataformas) de una profundidad máxima de 6,0 m y/o hasta 3,0 m debajo del nivel piezométrico en cada piezómetro.

Para la construcción de los piezómetros se empleó un equipo liviano de perforación; el diámetro de la perforación fue de 4 pulgadas y se entubó con tubería de PVC ranurada manualmente de 2 pulgadas y con anular de grava. En cada pozo perforado se realizó el perfil estratigráfico.

Se realizó la limpieza y desarrollo del pozo y un ensayo de permeabilidad; se monitoreó el nivel estático en cada pozo perforado.

Las muestras de agua subterránea obtenidas en cada sondeo se analizaron en un laboratorio especializado en base a los parámetros establecidos en la Tabla 5, Anexo I Criterios de calidad admisibles para las aguas subterráneas del TULSMA (Anexo C. Documentos de Respaldo, C.1 Físico, C.1.7 Hidrología).

Para la realización de las perforaciones ambientales se utilizaron dos técnicas: mecánica por percusión y manual, por medio de un equipo de AMS siguiendo la norma ATM 1903-97 *Standard Guide for Environmental Site Assessment: Phase II Environmental Site Assessment Process*.

La descripción litológica está basada en la norma ASTM 2080 *Standard Guide for Environmental Site Assessment: Designation 2488-90 Standard Practice for Description and Identification of Soils*.

La localización de los piezómetros se la georreferenció mediante un GPS de mano en las coordenadas WGS 84 en la zona 18 sur.

La correlación geológica e hidrogeológica de los sectores prospectados se realizará con la información del levantamiento geofísico y los resultados de los piezómetros, así como de la información secundaria obtenida.

### 3.1.9.4.3 Perforaciones de Piezómetros

Previo a la realización de las perforaciones se hizo el análisis del estado del área y de la cobertura presente en la zona como antecedente del área. Para realizar la perforación de los seis pozos (dos pozos por área de plataforma), se utilizaron dos técnicas para las perforaciones ambientales:

- > Perforación manual con cucharas tipo holandés.
- > Perforación por percusión con cuchara partida de 2 pulgadas para la toma de muestras.

Las perforaciones se ubicaron con GPS manual usando la proyección WGS 84 en la zona 18 sur, según se describe en la tabla siguiente.

**Tabla 3-10 Ubicación de Pozos**

| ID de Perforaciones Ambientales | Coordenadas (WGS84 zona 18 Sur) |          | Ubicación    |
|---------------------------------|---------------------------------|----------|--------------|
|                                 | Este                            | Norte    |              |
| PW1                             | 357385                          | 10017701 | Singue C     |
| PW2                             | 357462                          | 10017608 | Singue C     |
| PW3                             | 357303                          | 10017351 | Singue B     |
| PW4                             | 357314                          | 10017193 | Singue B     |
| PW5                             | 356839                          | 10017146 | Singue 1 (A) |
| PW6                             | 356982                          | 10016962 | Singue 1 (A) |

Fuente: Geototal, 2015

Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### Diseño de Pozos

Se instalaron seis piezómetros en los mismos sitios donde se realizaron las perforaciones, y su nomenclatura fue la siguiente: PW-1, PW-2, PW-3, PW-4, PW-5, PW-6.

Un piezómetro es utilizado para medir la presión del líquido estático en un sistema mediante la medición de la altura a la que una columna del líquido se eleva contra la gravedad o la presión de las aguas subterráneas en un punto específico.

El diseño del piezómetro, que incluye la profundidad y los tramos de filtro, se estableció de acuerdo con la profundidad del nivel de agua y los registros litológicos de las muestras de suelo tomadas durante la ejecución de las perforaciones exploratorias.

Para el revestimiento de los pozos se utilizó tubería nacional PVC con un diámetro de 2 pulgadas en tramos de 6 m atornillada en los extremos. Para la zona de filtros se empleó tubería PVC ranurada. Tanto en el extremo inferior como en el superior se colocó un tapón de PVC.

Para la conexión hidráulica del piezómetro con los horizontes saturados, se utilizó grava No. 3 rellenándose desde la profundidad alcanzada en la construcción, cubriendo la longitud del tramo filtrante de tubería PVC por encima del nivel de agua detectado.

Sobre el filtro de grava se colocó un sello de bentonita en pellets, la cual se hidrató para lograr su expansión y, de esta forma, impermeabilizar la parte superior por encima de la zona filtrante y evitar la posible contaminación desde la parte superior por filtraciones.

Finalmente, se agregó un sello impermeable compuesto por cemento, bentonita y grava fina desde el techo del sello de bentonita hasta la superficie del nivel del terreno.

La terminación del pozo se efectuó empotrando una tapa metálica de 4 pulgadas (*manhole*) alrededor de la tubería de PVC de 2 pulgadas de revestimiento del pozo por sobre la superficie del terreno, cubriendo la abertura superior de la tubería PVC con un tapón del mismo material.

**Tabla 3-11 Diseño de Pozos**

| Piezómetro | Profundidad Alcanzada (m) | Profundidad de Tubería (m) | Filtro en Tubo (m) |       | Filtro de Grava (m) |       | Sello de Bentonita en Pellets (m) |       | Sello Sanitario (m) |       |
|------------|---------------------------|----------------------------|--------------------|-------|---------------------|-------|-----------------------------------|-------|---------------------|-------|
|            |                           |                            | De                 | Hasta | De                  | Hasta | De                                | Hasta | De                  | Hasta |
| PW1        | 6,3                       | 6,0                        | 3,0                | 6,0   | 2,4                 | 6,3   | 2,2                               | 2,4   | 0                   | 2,2   |
| PW2        | 6,0                       | 5,95                       | 1,5                | 5,95  | 1,2                 | 6,0   | 1,0                               | 1,2   | 0                   | 1,0   |
| PW3        | 6,1                       | 6,0                        | 1,5                | 6,0   | 1,0                 | 6,1   | 0,8                               | 1,0   | 0                   | 0,8   |
| PW4        | 5,5                       | 4                          | 1,0                | 4,0   | 0,7                 | 5,5   | 0,5                               | 0,7   | 0                   | 0,5   |
| PW5        | 5,5                       | 3,5                        | 1,5                | 3,5   | 1,0                 | 5,5   | 0,8                               | 1,0   | 0                   | 0,8   |
| PW6        | 7,0                       | 6,9                        | 1,9                | 6,9   | 1,5                 | 7,0   | 1,3                               | 1,5   | 0                   | 1,3   |

Fuente: Geototal, 2015  
Elaboración: Entrix, 2015

#### 3.1.9.4.4 Formaciones Hidrogeológicas

El presente análisis hidrogeológico se refiere exclusivamente al acuífero superficial que se localiza en el área de las plataformas: Singue 1, Singue B y Singuen C del bloque 53, el cual tendría implicaciones tanto en el desarrollo, operación como el medio ambiente del indicado bloque.

El estudio del comportamiento hidrogeológico de las unidades litológicas, como reservorio de aguas subterráneas, se basa en el análisis del muestreo de las perforaciones someras, observaciones geológicas de campo e investigación geofísica mediante el método de resistividad eléctrica.

A través de este análisis se ha determinado los estratos geológicos que caracterizan al acuífero. La secuencia está conformada por la unidad litológica formación Curaray (Anexo A-Cartografía, 3.1-6 GEOLOGIA). De acuerdo con la investigación, se observó un solo nivel de acuífero.

El sistema acuífero del área se desarrolla en depósitos de tipo granular (arcillolitas bien estratificadas, con lentes de areniscas de escaso espesor) que conforman la unidad litológica denominada formación Curaray, la cual posee material permeable con porosidad intergranular (primaria); la descripción de la unidad está en la sección 3.1.3.2.1 Formación Curaray.

El límite vertical del sistema acuífero superficial estaría entre los 500 a 750 m de espesor, arcillolitas de baja permeabilidad, pudiendo presentarse capas colgadas (acuíferos colgados) en los estratos y lentes de areniscas de escaso espesor.

De acuerdo con las perforaciones someras realizadas para esta investigación en superficie, está sobrepuesto por un potente suelo residual arcilloso a limo-arcilloso, con una potencia media de 5 m, de baja permeabilidad (< 10-3 m/día).

La recarga del sistema procede exclusivamente de la infiltración de aguas meteóricas que se producen en el sector debido a las precipitaciones características de la zona, en donde existe un promedio anual de 3500 mm.

La dirección de flujo del área (Anexo A-Cartografía, 3.1-15 HIDROGEOLOGIA) muestra que la descarga del sistema se efectúa en los drenajes superficiales que conforman la subcuenca hidrográfica del río Singue.

### Propiedades Hidrogeológicas de las Rocas Acuíferas

#### Pruebas de Permeabilidad (pruebas de inyección o extracción de agua [*Slug Test*])

Uno de los métodos más comunes para análisis de propiedades hidrogeológicas en suelos de baja a moderada permeabilidad son las pruebas tipo *slug test*. En estas pruebas no se utilizan bombas para la operación. Consiste en el análisis de la variación de los niveles del agua en función del tiempo de respuesta al aumento o descenso brusco del nivel de agua; esto fue desarrollado inicialmente por Hvorslev (1951) y Cooper et al. (1967). El procedimiento de análisis requiere de la incorporación rápida de una cantidad de agua (o la incorporación de un peso sólido dentro del pozo) para elevar el nivel del agua hasta una altura  $h_0$  con respecto al nivel original. A continuación, se mide en forma continua el descenso de los niveles en función del tiempo.

Las pruebas de permeabilidad denominadas *slug test* se realizaron con el siguiente proceso:

- > Medición del nivel de agua en el piezómetro.
- > Extracción de un volumen de agua de aproximadamente un litro mediante *bailer*, descenso súbito de nivel agua.
- > Medición de la recuperación del nivel de agua en el piezómetro a intervalos determinados.

#### Método de HVORSLEV

Este método fue propuesto por Hvorslev (1951) para acuíferos libres:

$$K = \frac{r_w^2 \ln\left(\frac{L}{r_f}\right)}{2 L t_{37}} \quad (7)$$

donde :K = permeabilidad o conductividad hidráulica

$r_w$  = radio de la entubación

L = longitud de la rejilla o parte ranurada de la perforación

$r_f$  = radio de la zona filtrante

$t_{37}$  = tiempo en el que aún perdura el 37% del ascenso instantáneo inicial<sup>5</sup>

Con el fin de utilizar este método, se invierten los datos obtenidos de los ascensos los para conseguir descensos.

Los pozos en los que se realizó la prueba de *slug* son: PW1, PW2, PW3, PW5 y PW6; el pozo PW4 se presentó seco. En el siguiente cuadro se presenta la conductividad hidráulica obtenida:

**Tabla 3-12 Monitoreo de Nivel de Agua en Pozos y Conductividad Hidráulica**

| Mediciones        | PW1   | PW2   | PW3   | PW4  | PW5   | PW6   |
|-------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| Nivel de agua (m) | 3,225 | 2,559 | 1,133 | Seco | 1,015 | 0,613 |

| Mediciones            | PW1                  | PW2                  | PW3                  | PW4         | PW5                  | PW6                  |
|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|----------------------|----------------------|
| Profundidad (m)       | 6,099                | 5,5                  | 6,48                 | 3,461       | 3,642                | 6,686                |
| Conductividad (m/día) | $3,5 \times 10^{-3}$ | $4,9 \times 10^{-3}$ | $3,5 \times 10^{-1}$ | No obtenida | $1,4 \times 10^{-2}$ | $8,1 \times 10^{-3}$ |

Fuente: Geototal, 2015

Elaboración: Entrix, septiembre 2023

En base de los resultados obtenidos de las pruebas *slug*, se puede decir que la litofacie que se reconoció en las perforaciones PW1, PW2, PW5, PW6 como saturada de agua obtuvo una calificación estimativa muy baja, con posibilidades de extraer 1 L/s con una depresión teórica de 10 m. La perforación PW3 tiene una calificación estimativa baja con la posibilidad de obtener de 1 a 10 L/s con una depresión teórica de 10 m; la migración de contaminantes en este tipo de material es muy lenta a nivel subsuperficial.

Considerando que no se realizaron ensayos para la determinación de los parámetros hidráulicos, como: coeficiente de almacenamiento y transmisibilidad, se asumieron los valores de permeabilidad obtenidos de los sondeos someros efectuados; así, junto con la revisión de literatura especializada y de las características litológicas predominantes en el sistema, se catalogó el acuífero. En la tabla siguiente se reproduce de acuerdo con Benítez (1963), que clasifica a los acuíferos según su litología y órdenes de magnitud de permeabilidad (m/día), a 10 °C, bajo un gradiente de 1 m por día.

**Tabla 3-13 Clasificación de los Acuíferos según su Litología y Órdenes de Magnitud de Permeabilidad (m/día) a 10 °C Bajo una Gradiente de 1 m por Día**

| Permeabilidad (m/día) | $10^4$           | $10^3$                                | $10^2$ | $10^1$ | $10^0$  | 1 | $10^{-1}$ | $10^{-2}$ | $10^{-3}$                | $10^{-4}$ | $10^{-5}$ | $10^{-6}$ |
|-----------------------|------------------|---------------------------------------|--------|--------|---|---|-----------|-----------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Tipo de terreno       | Grava limpia     | Arena limpia; mezcla de grava y arena |        |        | Arena fina; arena arcillosa; mezcla de arena, limo y arcilla; arcillas estratificadas |   |           |           | Arcillas no meteorizadas |           |           |           |
| Calificación          | Buenos acuíferos |                                       |        |        | Acuíferos pobres  |   |           |           | Impermeables             |           |           |           |
| Capacidad de drenaje  | Drenan bien      |                                       |        |        | Drenan mal  |   |           |           | No drenan                |           |           |           |

Fuente: Benítez A, 1963, Captación de Aguas Subterráneas

Elaboración: Entrix, septiembre 2023

Realizando el análisis litológico con la información presentada en la tabla anterior, se indica que el acuífero en estudio posee una permeabilidad entre  $10^{-2}$  a  $10^{-3}$  m/día, donde la calificación para este tipo de litología es de acuíferos pobres, con una capacidad de drenaje mala, donde los parámetros hidráulicos no son favorables para almacenar y liberar agua; por lo que no forman acuíferos que puedan ser explotados con los métodos técnicos y económicos. Lo expuesto permite afirmar la clasificación expresada anteriormente, que se está en presencia de un acuitardo, que solo permite transmitir y no acumular las filtraciones de las aguas meteóricas.

### 3.1.9.4.5 Piezometría

#### Nivel Piezométrico

El control de los niveles piezométricos ayuda a establecer el flujo del agua subterránea. Para construir la piezometría del acuífero, donde se utilizó la información arrojada por el programa de perforación de 10 piezómetros, se recolecta los datos de nivel estático de los sondeos. El nivel piezométrico se define por la siguiente expresión:

$$NP = Z - NE$$

Donde:

NP: Límite superior de la saturación de agua en un acuífero, conocido también como nivel freático

Z: Cota del nivel de suelo

NE: Distancia vertical medida desde el nivel del suelo hasta el nivel del agua

En la Tabla 3-14 se detalla el registro piezométrico de los puntos de agua para la elaboración de las curvas de isopiezas.

**Tabla 3-14 Registro Piezométrico**

| Piezómetros | Coordenadas (WGS 84 18S) |          | Nivel del Suelo (msnm) | Nivel Estático (m) | Nivel Piezométrico (msnm) | Prof. Pozo (m) |
|-------------|--------------------------|----------|------------------------|--------------------|---------------------------|----------------|
|             | Norte                    | Este     |                        |                    |                           |                |
| PW1         | 3574388                  | 10017608 | 243,00                 | 3,225              | 243,00                    | 6,99           |
| PW2         | 357462                   | 10017701 | 245,00                 | 2,70               | 242,3                     | 5,5            |
| PW3         | 357303                   | 10017351 | 244,00                 | 1,60               | 242,4                     | 6,48           |
| PW4         | 357266                   | 10017213 | 242,00                 | seco               | -                         | 4              |
| PW5         | 356839                   | 1001715  | 261,00                 | 2,50               | 258,50                    | 5,5            |
| PW6         | 356933                   | 10016959 | 258,00                 | 0,613              | 257,40                    | 6,686          |

Fuente y elaboración: Entrix, 2015

Con los datos antes expuestos en la Tabla 3-14, se procedió a elaborar el mapa piezométrico que se presenta en el Anexo A-Cartografía, 3.1-15 HIDROGEOLOGIA.

Las curvas de isopiezas representan la superficie piezométrica con los datos piezométricos recabados en la fase de campo (diciembre de 2014). Las lecturas del nivel piezométrico permiten tener una visión del movimiento de las aguas subterráneas en los estratos más superficiales del área investigada, la cual se localiza en la cabecera de la subcuenca del río Singue; se puede observar que la profundidad del nivel piezométrico en relación con el nivel del suelo está entre los 0,613 y los 2,23 m.

### Dinámica de Flujo

En el presente análisis, la dinámica de flujo permite definir el movimiento de las aguas a través de las rocas porosas que están en los diferentes estratos del subsuelo posibilitando establecer la dirección y movilidad del agua en el acuífero.

La dirección de flujo se establece a partir de los niveles piezométricos y avanza en orden descendente, desde el valor piezométrico más alto hacia el menor.

En el Anexo A. Cartografía, 3.1-15 HIDROGEOLOGIA, se observa que la dirección predominante del flujo es de SE-NW, partiendo de las divisorias de aguas entre las subcuencas de los ríos Singue y Sansahuari, presentando cierta coincidencia con las direcciones de los drenajes superficiales.

Considerando la variación del gradiente hidráulico calculado de 0,0042 a 0,0026, se realizó un cálculo teórico de la velocidad lineal del agua subterránea utilizando estos gradientes y los valores de permeabilidad obtenidos en los piezómetros. Se determinó una velocidad lineal que varía entre  $2,33 \cdot 10^{-4}$  m/d a  $3,64 \cdot 10^{-5}$  m/d, es decir, la pluma de un posible contaminante se movería con valores muy controlables a lo largo de un año si los valores de nivel freático medidos en la fase de campo (diciembre de 2014) se mantuvieran a lo largo del mismo período y a lo largo del área de estudio.

### Modelo Conceptual Hidrogeológico

El modelo conceptual es una visualización del sistema hidrogeológico, su comportamiento sobre la recarga y descarga, la dirección de flujo y la interacción entre los estratos y el acuífero.

Un modelo solo puede aspirar a ser una buena representación del sistema real si está basado en un modelo conceptual sólido, distintas conceptualizaciones pueden representar el medio real, pero darán predicciones diferentes.

De acuerdo con la investigación realizada, no se tiene la presencia de un sistema acuífero generalizado, se trata de un acuitardo de gran potencia, mayor a los 400 m, sobrepuesto por un regolito de suelos arcillosos a arcillo-limosos, de características resistivas, de baja permeabilidad y potencia de hasta 6 m.

Hasta la profundidad investigada mediante los SEV, el acuitardo presenta un horizonte superior de potencia entre los 50 y 57 m, de características conductivas, con buena saturación de agua —producto posiblemente de lentes de areniscas—; el horizonte inferior es de características resistivas, debido a la baja saturación de agua y su potencia no fue determinada.

En el modelo se puede apreciar la dirección principal del flujo, la que se tomó de la siguiente figura: Mapa Piezométrico: Singue 1-Singue-Singue C, presentando una predominancia del flujo noroeste-sureste.

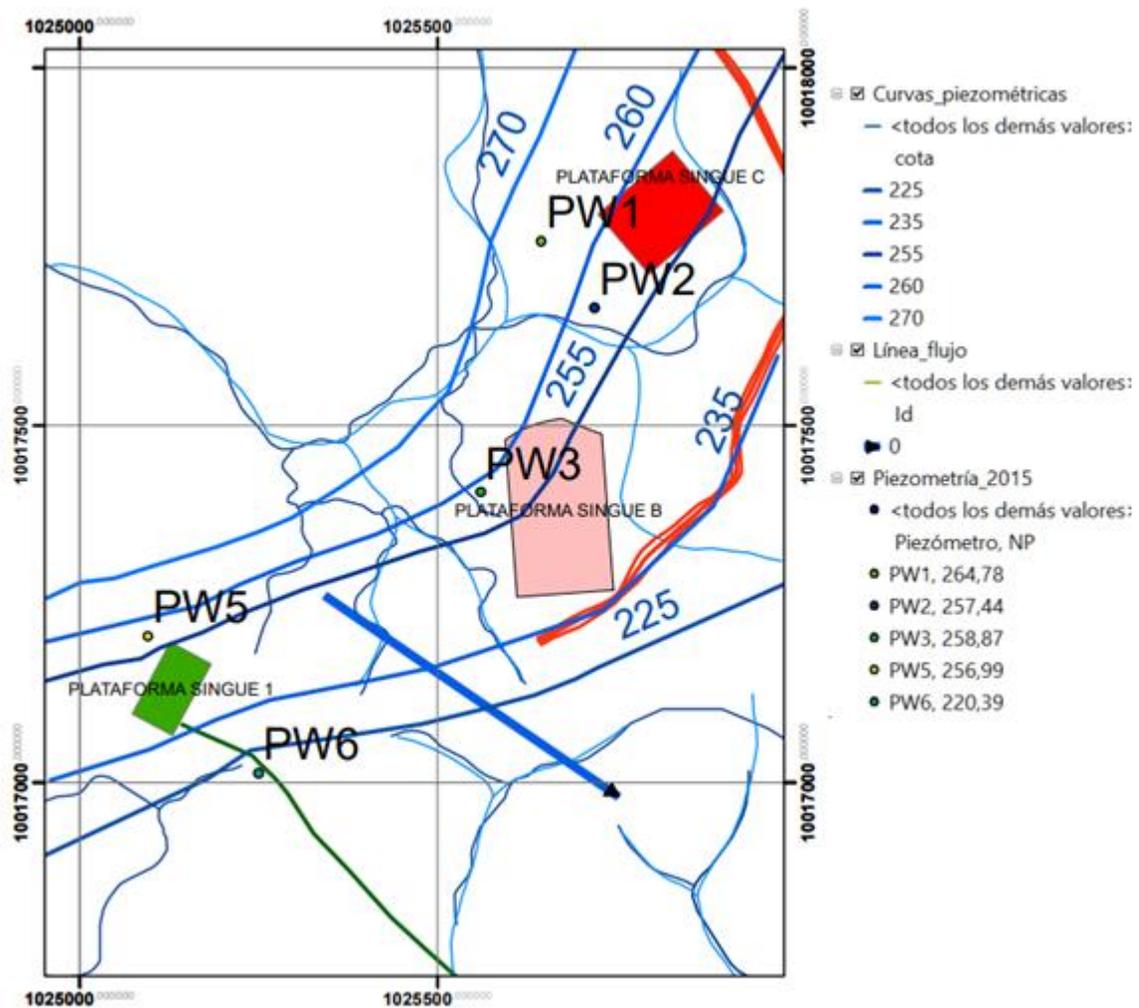


Figura 3-32 Mapa Piezométrico Sector Singue 1, Singue B y Singue C

Fuente: Geototal, 2015  
Elaboración: Entrix, 2023



**Figura 3-33 Corte Hidrogeológico Esquemático (SW-NE), Sector Singue 1, Singue B y Singue C**

Fuente: Geototal, 2015  
Elaboración: Entrix, 2023

### Recarga

El área en estudio presenta dos tipos de recarga natural: la producida por la precipitación de aguas meteóricas y por la infiltración de los drenajes superficiales.

Las dos fuentes son un abastecimiento permanente del acuífero en el área del campo Singue; en el caso de la precipitación, en la sección 3.1.2.2 se determinó una precipitación media anual de 294,7 mm y total anual de 3536,0 mm.

La intensidad de la recarga debida a las corrientes superficiales depende del estado del lecho de las corrientes, aunque el terreno por el que transcurre el río sea muy permeable; la infiltración puede ser reducida debido a que el lecho se haya impermeabilizado por arrastre de limos arcillosos, pero cuando el río está sujeto a crecidas fuertes, se lavan los depósitos impermeables con lo que aumenta la capacidad de infiltración del lecho del río.

### Descarga

En el área geográfica, la descarga del agua infiltrada que llega al sistema se produce mediante dos mecanismos:

- > Naturalmente, mediante las vertientes que se localizan dentro y fuera del área del campo Singue, donde el perfil natural del suelo permite afloramientos de lentes o estratos de areniscas; las evidenciadas dentro del perímetro del proyecto se ubican en el talud sur de la plataforma Singue B, en el que al conformar el talud para la ampliación de dicha locación se produjo la presencia de una vertiente intermitente de agua subterránea.
  - > Con respecto a las descargas producidas por las vertientes hacia los drenajes superficiales, en el modelo conceptual, se ha interpretado que la descarga principal del sistema la conforma la subcuenca del río Sansahuari.
- > Otro factor natural es la descarga por evapotranspiración.

En el corte hidrogeológico esquemático SW-NE se muestra el modelo conceptual del sistema presente en este sector del área de las tres plataformas, donde se visualiza la dirección de flujo, las unidades geológicas que actúan como acuitardo y las zonas de recarga, circulación y descarga.

### 3.1.9.4.6 Hidroquímica

#### Análisis Ambiental de las Aguas Subterráneas Someras

Con la finalidad de tener una línea base de la calidad de las aguas subterráneas someras del sector de las plataformas Singue 1, Singue B y Singue C, en la tabla siguiente se presentan los resultados de los análisis de laboratorio registrados en el 2015. El análisis fisicoquímico de las muestras colectadas está orientado a su clasificación geoquímica y a un análisis desde el punto ambiental, de acuerdo con la Tabla 5 del TULSMA (Normas de Calidad del Agua Subterránea, en el Anexo 1, Cuadro 5 Criterios referenciales de calidad para agua subterráneas, considerando un suelo con contenido de arcilla entre 0-25,0 % y de materia orgánica entre 0-10,0). Las localizaciones de todos los puntos de las muestras se presentan en el Anexo A. Cartografía, 3.1-15 HIDROGEOLOGIA.

Se debe recalcar que en el sector analizado ninguno de los puntos de agua subterránea es empleado para usos domésticos.

**Tabla 3-15 Resultados de los Análisis Químicos de las Aguas Subterráneas del Campo Singue (estudio del año 2015)**

| Ensayo                                     | Unidades | TULSMA<br>(Tabla 5) * | Muestras |          |          |          |
|--|----------|-----------------------|----------|----------|----------|----------|
|  |          |                       | PW1      | PW2      | PW3      | PW6      |
| Fisicoquímico:                             |          |                       |          |          |          |          |
| Conductividad                              | µS/cm    | N/A                   | 354      | 289      | 222      | 2030     |
| Aniones y no metales:                      |          |                       |          |          |          |          |
| Alcalinidad total como CaCO <sub>3</sub>   | mg/L     | N/A                   | 191      | 127      | 91       | 92       |
| Bicarbonato                                | mg/L     | N/A                   | 234      | 155      | 111      | 113      |
| Cloruro                                    | mg/L     | N/A                   | 4,8      | 5,2      | 12       | 4,8      |
| Sulfato mg/L                               | mg/L     | N/A                   | 9,5      | 4,5      | 11       | 1155     |
| Cianuro Total                              | mg/L     | 0,753                 | <0,001   | <0,001   | <0,001   | <0,001   |
| Cloro total residual                       | mg/L     | N/A                   | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     |
| Parámetros orgánicos:                      |          |                       |          |          |          |          |
| Fenoles                                    | mg/L     | 1,0                   | <0,001   | <0,001   | <0,001   | <0,001   |
| Hidrocarburos totales de petróleo (C8-C40) | mg/L     | 0,325                 | <0,3     | <0,3     | <0,3 25  | <0,3     |
| Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos:     |          |                       |          |          |          |          |
| Acenafteno                                 | mg/L     | N/A                   | <0,00005 | <0,00005 | <0,00005 | <0,00005 |
| Benzo (a) antraceno                        | mg/L     | 0,00025               | <0,00005 | <0,00005 | <0,00005 | <0,00005 |
| Benzo (a) pireno                           | mg/L     | 0,000026              | <0,00005 | <0,00005 | <0,00005 | <0,00005 |
| Benzo (g, h, i) perileno                   | mg/L     | 0,000025              | <0,00005 | <0,00005 | <0,00005 | <0,00005 |
| Benzo (k) fluoranteno                      | mg/L     | 0,000026              | <0,00005 | <0,00005 | <0,00005 | <0,00005 |
| Criseno                                    | mg/L     | 0,000026              | <0,00005 | <0,00005 | <0,00005 | <0,00005 |
| Fenantreno                                 | mg/L     | 0,0025                | <0,00005 | <0,00005 | <0,00005 | <0,00005 |
| Indeno (1, 2, 3-c, d) pireno               | mg/L     | 0,000025              | <0,00005 | <0,00005 | <0,00005 | <0,00005 |
| Naftaleno                                  | mg/L     | 0,035                 | <0,00005 | <0,00005 | <0,00005 | <0,00005 |
| Pireno                                     | mg/L     | N/A                   | <0,00005 | <0,00005 | <0,00005 | <0,00005 |

| Ensayo  | Unidades | TULSMA<br>(Tabla 5) * | Muestras |         |         |         |
|---|----------|-----------------------|----------|---------|---------|---------|
|   |          |                       | PW1      | PW2     | PW3     | PW6     |
| Compuestos Orgánicos Volátiles:   |          |                       |          |         |         |         |
| Benceno   | mg/L     | 0,015                 | <0,001   | <0,001  | <0,001  | <0,001  |
| Estireno  | mg/L     | 0,15                  | <0,001   | <0,001  | <0,001  | <0,001  |
| Etilbenceno   | mg/L     | 0,075                 | <0,001   | <0,001  | <0,001  | <0,001  |
| m+p Xileno  | mg/L     | 0,035                 | <0,001   | <0,001  | <0,001  | <0,001  |
| O-xileno  | mg/L     | 0,035                 | <0,001   | <0,001  | <0,001  | <0,001  |
| Tolueno   | mg/L     | 0,50                  | <0,001   | <0,001  | <0,001  | <0,001  |
| Metales totales:  |          |                       |          |         |         |         |
| Arsénico  | mg/L     | 0,035                 | 0,022    | 0,0025  | 0,003   | 0,004   |
| Bario   | mg/L     | 0,338                 | 1,3      | 0,14    | 0,13    | 0,17    |
| Cadmio  | mg/L     | 0,0032                | 0,0051   | 0,0003  | 0,0006  | 0,0011  |
| Calcio  | mg/L     | N/A                   | 66       | 34      | 31      | 335     |
| Cobalto   | mg/L     | 0,06                  | 0,067    | 0,0047  | 0,0049  | 0,064   |
| Cobre   | mg/L     | 0,045                 | 0,15     | 0,019   | 0,02    | 0,024   |
| Cromo   | mg/L     | 0,016                 | 0,16     | 0,014   | 0,018   | 0,016   |
| Magnesio  | mg/L     | N/A                   | 19       | 3,5     | 4,0     | 53      |
| Mercurio  | mg/L     | 0,00018               | <0,0002  | <0,0002 | <0,0002 | <0,0002 |
| Molibdeno   | mg/L     | 0,153                 | 0,0095   | 0,0007  | 0,0008  | 0,0031  |
| Níquel  | mg/L     | 0,045                 | 0,18     | 0,013   | 0,013   | 0,099   |
| Plomo   | mg/L     | 0,045                 | 0,069    | 0,006   | 0,011   | 0,0077  |
| Potasio   | mg/L     | N/A                   | 10       | 1,6     | 3,6     | 3,4     |
| Sodio   | mg/L     | N/A                   | 21       | 15      | 13      | 125     |
| Zinc  | mg/L     | 0,433                 | 0,86     | 0,091   | 0,054   | 0,28    |
| Pesticidas organoclorados:  |          |                       |          |         |         |         |
| a-BHC   | mg/L     | 0,0005                | <0,0001  | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 |
| Aldrin  | mg/L     | 0,00005               | <0,0001  | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 |
| b-BHC   | mg/L     | 0,0005                | <0,0001  | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 |
| d-BHC   | mg/L     | 0,0005                | <0,0001  | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 |
| Dieldrin  | mg/L     | 0,00005               | <0,0001  | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 |
| Endrin  | mg/L     | 0,00005               | <0,0001  | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 |
| g-BHC)  | mg/L     | 0,0005                | <0,0001  | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 |
| <p>*TULSMA: Ecuador normas de calidad del agua subterránea, en el Anexo 1 Cuadro 5 Criterios referenciales de calidad para agua subterránea, considerando un suelo con contenido de arcilla entre 0-25,0 % y de materia orgánica entre 0-10,0 %.</p> <p>N/A = No aplica, &lt; = Menor que el límite de detección del laboratorio.</p> |          |                       |          |         |         |         |

Fuente: Geototal, 2015  
Elaboración: Entrix, 2015

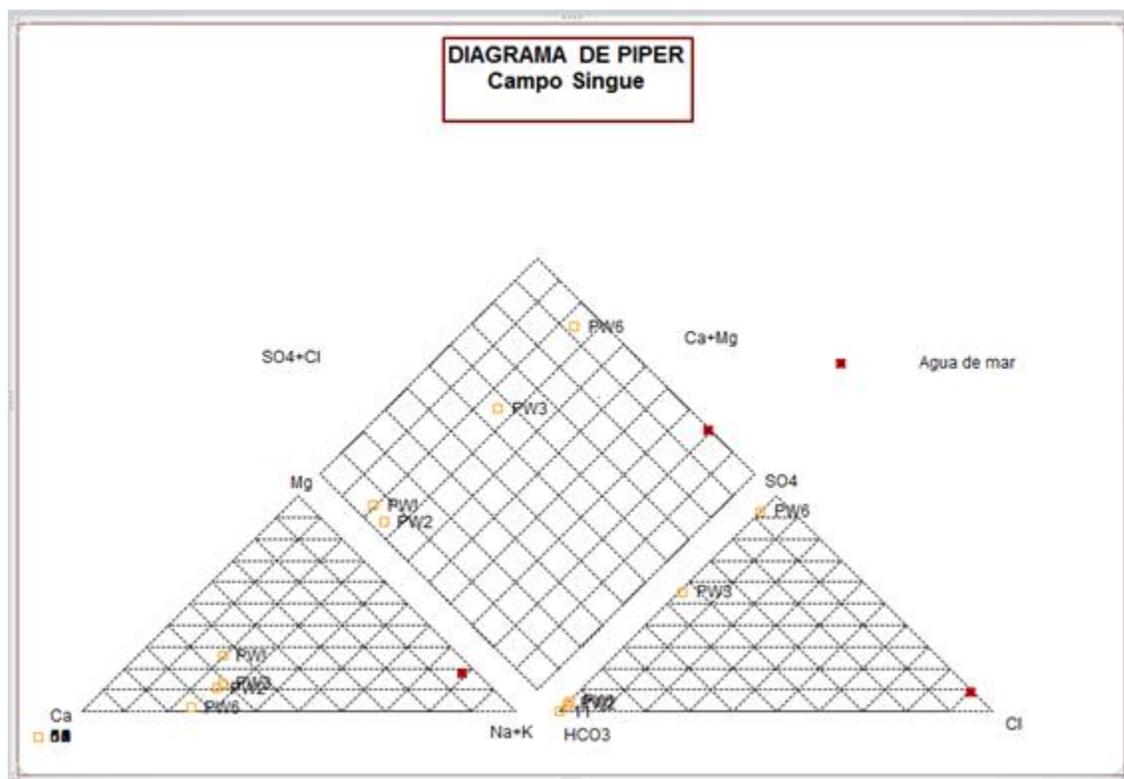
### Análisis Hidrogeoquímica de las Aguas Subterráneas Someras

En la Figura 3-34 se ha planteado en el Diagrama de PIPER los valores de los macroelementos, expresados en mEq/L, de las muestras de agua subterránea analizadas, con la finalidad de hacer una interpretación hidrogeoquímica de las aguas subterráneas someras del sector, que se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 3-16 Macroelementos de las Aguas Subterráneas del Bloque 53 Singue**

| Macroelemento | Unidades | Muestras |       |       |        |
|---------------|----------|----------|-------|-------|--------|
|               |          | PW1      | PW2   | PW3   | PW6    |
| Calcio        | mEq/L    | 3,293    | 1,697 | 1,547 | 16,717 |
| Magnesio      | mEq/L    | 1,563    | 0,288 | 0,329 | 0,436  |
| Potasio       | mEq/L    | 0,914    | 0,653 | 0,566 | 5,438  |
| Sodio         | mEq/L    | 0,256    | 0,041 | 0,092 | 0,087  |
| Cloro total   | mEq/L    | 0,003    | 0,003 | 0,003 | 0,003  |
| Sulfato       | mEq/L    | 0,198    | 0,094 | 0,229 | 24,047 |
| Bicarbonato   | mEq/L    | 3,835    | 2,54  | 0,18  | 1,852  |

Fuente: Gruentec, enero 2015  
Elaboración: Entrix, 2023



**Figura 3-34 Diagrama de Piper del Área de las Plataformas: Singue 1, Singue B y Singue C**

Elaboración: Entrix, 2015

## Conclusiones

- > Como el propósito de las determinaciones fisicoquímicas de las aguas subterráneas analizadas fue orientado para la designación de los parámetros de línea base ambiental del proyecto sobre la Normativa ecuatoriana que existe en el TULSMA (Normas de Calidad del Agua Subterránea, en el Anexo 1, Cuadro 5 Criterios referenciales de calidad para agua subterráneas, considerando un suelo con contenido de arcilla entre 0-25,0 % y de materia orgánica entre 0-10,0 %), los análisis indican una aceptable calidad ambiental de los sitios de muestreo. La mayoría de los parámetros están bajo los límites de la norma.
- > La conductividad determinada en laboratorio es baja a media en las muestras (222-2030  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ); esto es típico para aguas subterráneas superficiales de reciente infiltración.
- > La alcalinidad de estas aguas es baja, de 91 a 97 mg/L.
- > No se ha detectado la presencia de hidrocarburos totales ni de hidrocarburos aromáticos policíclicos, así como de compuestos orgánicos volátiles. Se concluye que no existe contaminación por hidrocarburos.
- > En la mayoría de los metales analizados, sus contenidos están bajo los valores de la norma ambiental ecuatoriana, con excepción del bario y el cobre en el piezómetro PW1.
- > De igual manera, no se ha detectado pesticidas organoclorados en las cuatro muestras analizadas.
- > Los valores detectados para los parámetros analizados constituyen los valores de línea base ambiental para las aguas someras del área investigada.
- > De acuerdo con el Diagrama de PIPER, las muestras PW1 y PW2, ubicadas en el sector donde se encuentra la plataforma Singue C, son de tipo bicarbonatadas cálcicas y se clasifican como fluidos meteóricos de baja temperatura.
- > Las muestras: PW3 y PW6, que se ubican en sectores aledaños de las plataformas Singue B y Singue 1 respectivamente, corresponden al tipo sulfatadas-bicarbonatadas-cálcicas. Se las clasifica como fluidos meteóricos de baja temperatura.
- > La muestra PW6 presenta una alta concentración de sulfuros, lo que hace suponer que esto podría deberse a una mezcla de agua meteórica con aguas de formación.

## Monitoreo Hidrogeoquímica de las Aguas Subterráneas Someras

### Metodología para Toma de Muestras

La metodología para realizar un procedimiento sistemático para la toma de muestras de aguas subterráneas es acorde a las siguientes normas:

- > Norma NTC-ISO 5667-11 Guía muestreo aguas subterráneas
- > Procedimiento de operación U.S. Environmental Protection Agency, Groundwater Sampling SESDPROC-301-R3
- > Normativas de referencia para el muestreo

Actualmente, en el Ecuador no existe normativa técnica ambiental vigente que regule o incluya criterios para calidad de aguas subterráneas. Adicionalmente, si se considera lo que se indica en el 'Water Treatment Handbook', Degremont 1991, el agua superficial y subterránea presentan características diferentes; por tanto, tampoco se puede considerar una comparación con el TULSMA y la tabla de Calidad de Aguas Superficiales. Lo antes mencionado impide utilizar cualquier norma técnica de referencia en relación con los resultados obtenidos (Anexo C. Documentos de Respaldo, C.1 Físico, C.1.5 Resultados Laboratorio, C.1.5.5 Piezométricos).

GENTE OIL ha realizado un monitoreo continuo de las aguas subterráneas someras de 2020 a 2023, para los piezómetros PW3 (coordenada referencial 357314-10017199 UTM WGS 84 zona 18 sur) y PW5 (coordenada referencial 35999-10016959 UTM WGS 84 zona 18 sur). En la siguiente tabla se indican los parámetros y los métodos de referencia para la determinación de la calidad ambiental del agua subterránea, que está en concordancia con la norma ambiental ecuatoriana. El laboratorio que efectuó las determinaciones es ALS y está acreditado por el SAE con acreditación N.º SAE LEN 05-005.

**Tabla 3-17 Parámetros y Metodología de Referencia para el Monitoreo de las Aguas Subterráneas del Bloque Singue**

| Parámetros Analizados                 | Metodología de Referencia                                       | Unidad     |
|---------------------------------------|---|------------|
| Potencial hidrógeno                   | Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H+ A y 4500-H+ B            | U pH       |
| Conductividad eléctrica               | Standard Methods Ed. 23, 2017, 2510 B                           | uS/cm      |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo     | TNRCC, Method 1005, Rev. 03, Junio 2001                         | mg/l       |
|                                       | EPA 8270 D, Rev. 04, 2007                                       |            |
| Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos | EPA 8270 D, Rev. 04, 2007                                       | mg/l       |
| Aceites y grasas gravimétrico         | Standard Methods Ed. 23, 2017, 5520 B                           | mg/l       |
| Coliformes fecales                    | Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F                    | NMP/100 ml |
| Oxígeno disuelto                      | Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-O G                         | mg/l       |
| Bario                                 | EPA 3005 A, Rev. 01, 1992                                       | mg/l       |
| Cromo total                           | EPA 6010 B, December 1996 Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B | mg/l       |
| Níquel                                |   | mg/l       |
| Cadmio                                |   | mg/l       |
| Plomo                                 |   | mg/l       |
| Hierro                                |   | mg/l       |

Fuente: GENTE OIL Ecuador, 2023  
Elaboración: Entrix, 2023

Los resultados de los monitoreos ejecutados de 2020 a 2023 se presentan a continuación. Se recalca que al no existir una normativa que estipule límites permisibles para aguas subterráneas, los resultados no pueden compararse con criterios de calidad.

**Tabla 3-18 Monitoreo de las Aguas Subterráneas del Piezómetro PW3 (Año 2020)**

| Parámetros Analizados                 | Unidad     | Fecha 30/6/2020 | Fecha 14/9/2020 | Fecha 23/12/2020 |
|---------------------------------------|------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Potencial hidrógeno                   | U pH       | 8,4             | 6,22            | 6,84             |
| Conductividad eléctrica               | uS/cm      | 207             | 113,6           | 35,3             |
| Hidrocarburos Totales De Petróleo     | mg/l       | < 0,15          | < 0,15          | < 0,15           |
| Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos | mg/l       | < 0,00025       | < 0,00025       | < 0,00025        |
| Aceites y grasas gravimétrico         | mg/l       | < 20,0          | < 20,0          | < 20,0           |
| Coliformes fecales                    | NMP/100 ml | 23              | 170             | 13               |
| Oxígeno disuelto                      | mg/l       | 5,8             | 3,4             | 3,8              |
| Bario                                 | mg/l       | 1,715           | 0,455           | 0,131            |

| Parámetros Analizados | Unidad | Fecha 30/6/2020       | Fecha 14/9/2020 | Fecha 23/12/2020 |
|-----------------------|--------|-----------------------|-----------------|------------------|
| Cromo total           | mg/l   | 0,18                  | 0,059           | < 0,020          |
| Níquel                | mg/l   | 0,151                 | 0,048           | 0,017            |
| Cadmio                | mg/l   | 0,127                 | < 0,001         | < 0,001          |
| Plomo                 | mg/l   | 0,118                 | 0,042           | < 0,001          |
| Hierro                | mg/l   | 188,65 <sup>(a)</sup> | 46,29           | 9,73             |

Fuente: GENTE OIL Ecuador, 2023  
Elaboración: Entrix, 2023

**Tabla 3-19 Monitoreo de las Aguas Subterráneas del Piezómetro PW3 (2021)**

| Parámetros Analizados             | Unidad     | Fecha 30/4/2021 | Fecha 08/7/2021 | Fecha 21/09/2021 | Fecha 12/12/2021 |
|-----------------------------------|------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| Potencial hidrógeno               | U pH       | 6,16            | 5,24            | 6,13             | 6,24             |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo | mg/l       | < 0,15          | < 0,15          | 0,15             | < 0,15           |
| Aceites y grasas                  | mg/l       | < 20,0          | < 20,0          | < 20,0           | < 20,0           |
| Coliformes fecales                | NMP/100 ml | 540             | < 1,8           | 13               | 17               |
| Bario                             | mg/l       | 0,141           | 0,039           | 0,069            | 0,789            |
| Níquel                            | mg/l       | 0,015           | < 0,010         | < 0,010          | 0,074            |
| Cromo hexavalente                 | mg/l       | < 0,050         | < 0,050         | < 0,050          | < 0,050          |
| Oxígeno disuelto                  | mg/l       | 5,9             | 6,38            | 4,54             | 5,22             |
| Plomo                             | mg/l       | 0,018           | < 0,001         | 0,006            | 0,046            |
| Conductividad eléctrica           | uS/cm      | 79,2            | 347             | 128,9            | 142,8            |

Fuente: GENTE OIL Ecuador, 2023  
Elaboración: Entrix, 2023

**Tabla 3-20 Monitoreo de las Aguas Subterráneas del Piezómetro PW3 (2022-2023)**

| Parámetros Analizados             | Unidad     | Fecha 10/3/2022 | Fecha 7/7/2022 | Fecha 19/09/2022 | Fecha 14/12/2022 | Fecha 15/3/2023 |
|-----------------------------------|------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|
| Potencial de hidrógeno            | U pH       | 6,31            | 5,23           | 8,94             | 6,41             | 6,84            |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo | mg/l       | < 0,15          | < 0,15         | < 0,15           | < 0,15           | < 0,15          |
| Aceites y grasas                  | mg/l       | < 20,0          | < 20,0         | < 20,0           | < 20,0           | < 20,0          |
| Coliformes fecales                | NMP/100 ml | 17,0            | 2,0            | 79,0             | 540,0            | 23,0            |
| Bario                             | mg/l       | 0,083           | 0,056          | 0,598            | 0,37             | 0,347           |
| Níquel                            | mg/l       | < 0,010         | < 0,010        | 0,034            | 0,012            | 0,026           |
| Cromo hexavalente                 | mg/l       | < 0,050         | < 0,050        | < 0,050          | < 0,050          | < 0,050         |
| Oxígeno disuelto                  | mg/l       | 6,83            | 5,73           | 5,96             | 5,38             | 4,87            |
| Plomo                             | mg/l       | < 0,001         | < 0,001        | 0,018            | 0,009            | 0,017           |
| Conductividad eléctrica           | uS/cm      | 68,5            | 88,8           | 110,9            | 92,3             | 58,9            |

Fuente: GENTE OIL Ecuador, 2023  
Elaboración: Entrix, 2023

**Tabla 3-21 Monitoreo de las Aguas Subterráneas del Piezómetro PW5 (2020)**

| Parámetros Analizados                 | Unidad     | Fecha 30/6/2020 | Fecha 14/9/2020 | Fecha 23/12/2020 |
|---------------------------------------|------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Potencial hidrógeno                   | U pH       | 6,55            | 6,16            | 6,08             |
| Conductividad eléctrica               | uS/cm      | 99,7            | 484             | 47,1             |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo     | mg/l       | < 0,15          | < 0,15          | 0,15             |
| Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos | mg/l       | < 0,00025       | < 0,00025       | < 0,00025        |
| Aceites y grasas gravimétrico         | mg/l       | < 20,0          | < 20,0          | < 20,0           |
| Coliformes fecales                    | NMP/100 ml | 17              | 17              | 17               |
| Oxígeno disuelto                      | mg/l       | 4               | 3,2             | 4,49             |
| Bario                                 | mg/l       | 0,205           | 0,039           | 0,062            |
| Cromo total                           | mg/l       | < 0,020         | < 0,020         | < 0,020          |
| Níquel                                | mg/l       | 0,233           | 0,013           | 0,034            |
| Cadmio                                | mg/l       | 0,14            | < 0,001         | < 0,001          |
| Plomo                                 | mg/l       | 0,021           | < 0,001         | < 0,001          |
| Hierro                                | mg/l       | 29,76           | 5,08            | 7,41             |

Fuente: GENTE OIL Ecuador, 2023  
Elaboración: Entrix, 2023

**Tabla 3-22 Monitoreo de las Aguas Subterráneas del Piezómetro PW5 (2021)**

| Parámetros Analizados             | Unidad     | Fecha 30/04/2021 | Fecha 08/07/2021 | Fecha 21/09/2021 | Fecha 12/12/2021 |
|-----------------------------------|------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Potencial hidrógeno               | U pH       | 6,16             | 5,26             | 6,32             | 6,34             |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo | mg/l       | < 0,15           | < 0,15           | 0,3              | 0,15             |
| Aceites y grasas                  | mg/l       | < 20,0           | < 20,0           | < 20,0           | < 20,0           |
| Coliformes fecales                | NMP/100 ml | 170              | 6,8              | 4,5              | 14               |
| Bario                             | mg/l       | 0,050            | 0,035            | 0,042            | 0,082            |
| Níquel                            | mg/l       | 0,027            | < 0,010          | 0,02             | 0,031            |
| Cromo hexavalente                 | mg/l       | < 0,050          | < 0,050          | < 0,050          | < 0,050          |
| Oxígeno disuelto                  | mg/l       | 3,73             | 4,16             | 4,6              | 3,24             |
| Plomo                             | mg/l       | < 0,001          | < 0,001          | 0,009            | 0,01             |
| Conductividad eléctrica           | uS/cm      | 415              | 21,5             | 325              | 1040             |

Fuente: GENTE OIL Ecuador, 2023  
Elaboración: Entrix, 2023

**Tabla 3-23 Monitoreo de las Aguas Subterráneas del Piezómetro PW5 (2023)**

| Parámetros Analizados             | Unidad | Fecha 10/03/2022 | Fecha 07/07/2022 | Fecha 20/09/2022 | Fecha 14/12/2022 | Fecha 12/08/2023 |
|-----------------------------------|--------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Potencial hidrógeno               | U pH   | 7,43             | 6,92             | 6,43             | 6,58             | 6,39             |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo | mg/l   | < 0,15           | < 0,15           | < 0,15           | < 0,15           | < 0,15           |
| Aceites y grasas                  | mg/l   | < 20,0           | < 20,0           | < 20,0           | < 20,0           | < 20,0           |

| Parámetros Analizados   | Unidad     | Fecha<br>10/03/2022 | Fecha<br>07/07/2022 | Fecha<br>20/09/2022 | Fecha<br>14/12/2022 | Fecha<br>12/08/2023 |
|-------------------------|------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Coliformes fecales      | NMP/100 ml | 9,2                 | < 1,8               | < 1,8               | 33                  | 49                  |
| Bario                   | mg/l       | 0,044               | 0,04                | 0,048               | 0,047               | 0,069               |
| Níquel                  | mg/l       | < 0,010             | 0,018               | 0,018               | < 0,010             | 0,016               |
| Cromo hexavalente       | mg/l       | < 0,050             | < 0,050             | < 0,050             | < 0,050             | < 0,050             |
| Oxígeno disuelto        | mg/l       | 7,01                | 4,56                | 4,11                | 5,17                | 4,94                |
| Plomo                   | mg/l       | < 0,001             | 0,006               | 0,005               | < 0,001             | < 0,001             |
| Conductividad eléctrica | uS/cm      | 119                 | 442                 | 438,4               | 206                 | 107,7               |

Fuente: GENTE OIL Ecuador, 2023

Elaboración: Entrix, 2023

### 3.1.9.4.7 Vulnerabilidad de los Acuíferos

La información que existe del componente hidrogeológico en el sector es limitada, ya que no se tiene el estudio hidrogeológico del área geográfica en detalle, solo se cuenta con el Mapa Hidrogeológico, que es de litopermeabilidad estimada. Revisado el Inventario de Pozos y Vertientes realizado por la SENAGUA, 2015, no hay información del sector del área estudiada, por lo que no se puede aplicar los diferentes métodos que existen en la literatura relacionada, como: modelos de simulación, métodos estadísticos y métodos de superposición de índices.

#### Metodología

Con el fin de evaluar la vulnerabilidad de las diferentes unidades hidrogeológicas identificadas en el área de influencia en términos cualitativos, se realiza el análisis basado en la indexación de los índices GOD, la cual es una de las metodologías propuestas por el Banco Mundial en la Guía Técnica-Propuestas Metodológicas para la Protección del Agua Subterránea, 2003, para lo cual en dicha guía propone una definición práctica de clases de vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos, que se detalla en la Tabla 3-24. La metodología considera la evaluación de un valor asociado a las propiedades intrínsecas del acuífero y de la zona no saturada. El método determina la vulnerabilidad intrínseca, por lo que no toma en cuenta el tipo de contaminante.

Como se señaló en la metodología del componente hidrogeológico, se caracteriza la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos en función de los siguientes parámetros (generalmente disponibles o fácilmente determinables):

$$\text{Vulnerabilidad} = G \cdot O \cdot D$$

**G:** Grado de confinamiento hidráulico del acuífero en consideración. Índice por condición de confinamiento del acuífero u ocurrencia del agua subterránea (*groundwater occurrence*).

**O:** Ocurrencia del sustrato suprayacente (zona no saturada o capas confinantes), en términos de características litológicas y grado de consolidación que determinan su capacidad de atenuación de contaminantes (*overall aquifer class*).

**D:** Distancia al agua, determinada como la profundidad al nivel del agua en acuíferos no confinados o la profundidad al techo de acuíferos confinados (*depth*).

Estos tres parámetros se multiplican para obtener una valoración de la vulnerabilidad de 0 (despreciable) a 1 (extrema):

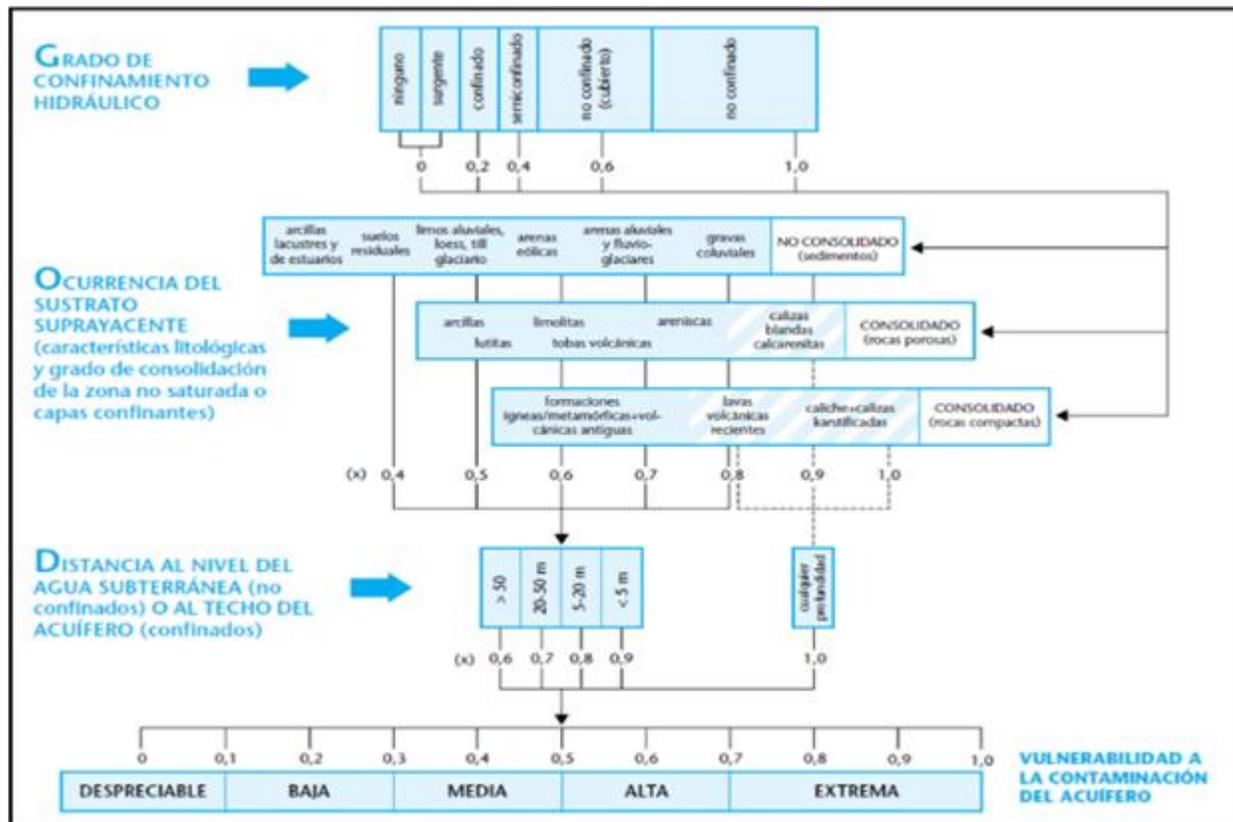


Figura 3-35 Valoración GOD para Vulnerabilidad de Acuíferos

Elaboración: Foster, 1988

La vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación se define por la facilidad con la cual ingresan las sustancias contaminantes al acuífero mediante infiltración a través del suelo y la zona no saturada (ZNS). En la Tabla 3-24 se resumen los niveles de vulnerabilidad.

Tabla 3-24 Definición Práctica de Clases de Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos

| Clase de Vulnerabilidad | Definición Correspondiente   |
|-------------------------|--|
| Extrema                 | Vulnerable a la mayoría de los contaminantes con impacto rápido en muchos escenarios de contaminación.   |
| Alta                    | Vulnerable a muchos contaminantes (excepto a los que son fuertemente absorbidos o fácilmente transformados) en muchos escenarios de contaminación. |
| Moderada                | Vulnerable a algunos contaminantes solo cuando son continuamente descargados o lixiviados.   |
| Baja                    | Solo vulnerable a contaminantes conservativos cuando son descargados en forma amplia y continua durante largos periodos de tiempo.                 |
| Despreciable            | Presencia de capas confinantes en las que el flujo vertical (percolación) es insignificante.   |

Fuente: Banco Mundial en la Guía Técnica-Propuestas Metodológicas para la Protección del Agua Subterránea, 2003

**Tabla 3-25 Análisis de la Vulnerabilidad de Acuíferos a la Contaminación**

| Unidad Hidrogeológica | Unidad Geológica                        | Características Hidrogeológicas   | Vulnerabilidad |     |     |       | Categoría de Vulnerabilidad |
|-----------------------|---|---|----------------|-----|-----|-------|-----------------------------|
|                       |   |   | G              | O   | D   | GOD   |                             |
| Alta (A)              | Depósitos y terrazas aluviales (QA, QT) | Superficiales, locales, muy discontinuos, de pequeña potencia, de alto rendimiento. Porosidad intergranular alta a media. Niveles piezométricos < 5 m sobrepuestos por suelos residuales-aluviales de escasa potencia. Se lo puede conceptualizar como un acuífero libre. Localmente, en áreas de pantanos, la permeabilidad disminuye. | 1,0            | 0,7 | 0,9 | 0,63  | Alta                        |
| Baja (B)              | Formación Curaray (MC)                  | Muy discontinuos, de muy bajo rendimiento. Geológicamente, de difícil explotación. Esta unidad se comporta como un acuitardo, los niveles piezométricos se localizan a profundidades > de 5 m.  | 0,2            | 0,4 | 0,9 | 0,072 | Baja a Despreciable         |

Elaborado por: Entrix, agosto 2023

### Conclusiones

- > Los acuíferos de los depósitos y terrazas aluviales de los ríos Singue y Sansahuari pueden sufrir alteración en su calidad fisicoquímica por actividades antrópicas, por tratarse de acuíferos superficiales (profundidad menor a 5 m) de alta permeabilidad, recargados por los ríos del sector, los cuales pueden transportar contaminantes hacia los acuíferos. Por esta razón, el grado de vulnerabilidad en esta unidad litológica es alta. Un sector de la plataforma Singue Norte se localiza en esta unidad hidrogeológica.
- > Los acuíferos de la formación Curaray, que es la unidad litológica donde la infraestructura petrolera en estudio se cimentaría, son locales y tienen un escurrimiento subterráneo intergranular. Los posibles acuíferos de esta formación geológica son muy locales y discontinuos, descargan mediante vertientes en los cañones de los ríos.
- > Ubicando el valor resultante en el diagrama del método GOD, para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos se tiene que el valor de 0,072 entraría en el rango de *acuíferos con vulnerabilidad despreciable a baja*.
  - > Este valor es concordante con las características hidráulicas del sistema de acuíferos determinadas en el presente estudio; entre las principales está su baja permeabilidad, las características físico-mecánicas de los suelos de cobertura y especialmente la litología de la formación Curaray, donde predominan potentes estratos de arcillolitas.
- > Un sector de la plataforma Singue Norte, así como de la vía de acceso Singue B-Singue Norte y línea de flujo Singue Norte-Singue B se localiza en esta unidad hidrogeológica.
- > La vulnerabilidad de los posibles acuíferos que se localicen en el área geográfica varía de alta a baja-despreciable, donde hay un predominio de los de baja-despreciable vulnerabilidad, mientras los de alta vulnerabilidad son muy locales de poca extensión.

### **3.1.10 Geotecnia**

#### **3.1.10.1 *Geotécnica Regional***

##### **3.1.10.1.1 Metodología**

Para el desarrollo del tema de geotecnia se procedió primeramente a realizar un análisis geotécnico regional de toda el área geográfica, de acuerdo con la metodología que este acápite describe.

##### **3.1.10.1.2 Parámetros Geotécnicos Analizados para Zonificación**

Con la finalidad de establecer zonas y tramos geotécnicamente homogéneos y suministrar en cada uno de ellos la información básica preliminar para la proyección y construcción de obras civiles, se analizaron los rasgos geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos y geotécnicos, estimando los factores problemáticos de cada uno de estos aspectos, para de esta manera cartografiar mapas geotécnicos regionales, que es una adaptación de la metodología de la Commission on Geological Maps of the International Association of Engineering Geology (1976), para elaborar el Mapa Geotécnico Regional, sobre la base de los parámetros que en los párrafos siguientes se detallan.

Se ha optado por valorar cada parámetro con la finalidad de enmarcar a cada zona geotécnica dentro de un rango de calidad, valorado sobre 20 puntos, para lo cual se distribuyó dicho puntaje entre los diferentes aspectos analizados. A continuación, se hace una descripción muy resumida de la valoración de cada uno de los parámetros analizados en las Fichas Geotécnicas (Anexo C. Documentos de Respaldo, C.1 Físico, C.1.5 Resultados Laboratorio, C.1.5.2 Suelo) para la zonificación geotécnica:

- > Litología: Clasificación de materiales pétreos y suelos, su consistencia y/o capacidad y estructura. Valoración total 4:
- > Clasificación de materiales pétreos y suelos. Es una valoración de 0 a 2 de los suelos en función de su clasificación de acuerdo con SUCS.
- > Compacidad y consistencia: Es una valoración de 0 a 1 de los suelos, desde sueltos (0), semisueltos (0,5) a compactos (1).
- > Estructura: Es una valoración de 1 a 0 de los suelos en función de: masivos (1), medianamente fracturado a estratificado (0,5) y fracturados y estratificados (0).
- > Geomorfología: Valoración de las formas del relieve y sus características. Valoración total 5.
- > Morfología: Valoración de 1 a 0 de la forma del relieve, desde explanada (1), colina y ladera (0,5) a montaña (0).
- > Pendiente: Valoración de 1 a 0 de la pendiente del terreno, desde suave (1), moderado y abrupto (0,5) a muy abrupto (0).
- > Meteorización: Valoración de 1 a 0 del grado de la meteorización del macizo rocoso, desde moderado (1), fuerte (0,5) a muy fuerte (0).
- > Erosión: Valoración de 1 a 0 del grado de la erosión del macizo rocoso, desde inicial (1), moderada (0,5) a antigua (0).
- > Drenaje: Valoración de 1 a 0 de la escorrentía superficial, desde alto (1), medio (0,5) a bajo (0).
- > Hidrogeología: Valoración de las características hidrogeológicas principales. Valoración total 3.
- > Humedad: Valoración de 1 a 0 de la saturación de la unidad litológica, desde seco (1), húmedo (0,5) a saturado (0).
- > Escorrentía: Valoración de 1 a 0 de la escorrentía subterránea, desde alta (1), media (0,5) a baja (0).

- > Permeabilidad: Valoración de 1 a 0 de la permeabilidad estimada de la unidad litológica, desde permeable (1), semipermeable (0,5) a impermeable (0).
- > Geotecnia: Valoración de las características geotécnicas del macizo rocoso principales: Valoración total 8.
- > Capacidad portante: Valoración de 2 a 0 de la capacidad portante, desde alta (2), media (1) a baja (0).
- > Estabilidad de taludes: Valoración de 2 a 0 de la estabilidad de los taludes del tramo o sector analizado, desde estable (2), medianamente estable (1) a inestable (0).
- > Escarificación: Permite evaluar en forma inicial los volúmenes de excavación, valoración de 2 a 0, desde suelos (2), suelos duros y roca suave (1) a roca (0).
- > Fuentes de materiales: Permite evaluar en forma inicial los usos que se puede asignar a los materiales pétreos o suelos, valoración de 2 a 0, desde base y subbase (2) a ninguna (0).
- > Clasificación geotécnica: Con la sumatoria de la valoración de cada parámetro analizado se llega a la clasificación geotécnica del tramo o área analizada.

**Tabla 3-26 Calidad Geotécnica y Valoración**

| Zona Geotécnica (Símbolo*) | Valoración | Zonificación Geotécnica   |
|----------------------------|------------|---------------------------|
| I                          | 20 a 16    | Excelente o muy favorable |
| II                         | 16 a 12    | Buena o favorable         |
| III                        | 12 a 8     | Regular o aceptable       |
| IV                         | 8 a 4      | Mala o problemática       |
| V                          | 4 a 0      | Muy mala o pésima         |

\* Los subíndices que se agregan al símbolo se refieren a la morfología y a la pendiente.

Elaborado por: Enrix, agosto 2023

### 3.1.10.1.3 Categorías

De acuerdo con los resultados obtenidos, se elabora el Mapa Geotécnico (Anexo A.- Cartografía, 3.1-7 GEOTECNIA) y la identificación de las zonas geotécnicas existentes y sus características.

Se realizó la diferenciación geotécnica del área de influencia directa e indirecta del área en estudio, dividiéndola en zonas. En la siguiente tabla se resume este análisis:

**Tabla 3-27 Descripción de las Zonas Geotécnicas**

| Ficha No. | Formación         | Calidad Geotécnica |       | Morfología | Pendiente | Zona Geotécnica   |
|-----------|-------------------|--------------------|-------|------------|-----------|---|
| 1         | Formación Curaray | II                 | Buena | Colina     | Moderada  | II-C.m<br>Colinas muy bajas a bajas, de pendientes suaves a moderadas, taludes medianamente estables. Arcillas rojas, estratificadas, consolidadas. Suelos de arcillas de alta plasticidad CH.                  |
| 2         | Formación Curaray | II                 | Buena | Colina     | Moderada  | II-C.m*<br>Llanuras planas a onduladas, estables, niveles freáticos altos, deficiente drenaje. Aluviones antiguos medianamente consolidados, potentes. Suelos de arcillas y limos de alta plasticidad: CH y MH. |

| Ficha No.   | Formación                      | Calidad Geotécnica |       | Morfología | Pendiente | Zona Geotécnica  |
|---|--------------------------------|--------------------|-------|------------|-----------|--|
| 3   | Terrazas y depósitos aluviales | II                 | Buena | Explanada  | Suave     | II-E.s*<br>Explanas de pendientes suaves, estables, niveles freáticos altos, deficiente drenaje. Depósitos y terrazas aluviales, medianamente consolidados, suelos de arcillas de alta plasticidad CH y arenas limosas SM. |
| *El símbolo de la Zonificación Geotécnica está representada así: el número romano es la clasificación geotécnica, la letra mayúscula es la morfología y la minúscula, la pendiente. |                                |                    |       |            |           |  |

Elaborado por: Entrix, agosto 2023

El mayor porcentaje del área analizada corresponde a la zona geotécnica II-C.m, de calidad buena, que son sectores colinados a ondulados con pendientes naturales no mayores al 15 %, por lo que son estables sobre sedimentos de la formación Curaray, consolidados, donde hay un predominio de suelos residuales-aluviales limos arcillosos mal drenados, por cuanto los niveles piezométricos son poco superficiales. En esta zona geotécnica se localizan todas las áreas en estudio.

### 3.1.10.2 Geotécnica Particular

#### 3.1.10.2.1 Metodología

En vista de que la presente investigación tiene como objeto caracterizar geotécnicamente las áreas de la plataforma Singue Norte y del derecho de vía de la línea de flujo Singue Norte-Singue B y vía de acceso desde la Plataforma Singue B-Singue Norte, dentro de un Estudio de Impacto Ambiental las caracterizaciones geotécnicas del área geográfica de estudio son muy generales, las cuales se describen a continuación:

#### Plataforma Singue Norte

El área de construcción de la plataforma se localiza en un sector relativamente plano, de pendientes menores al 12 %, sobre sedimentos de la formación Curaray en el mayor porcentaje de su superficie y depósitos aluviales recientes hacia el sector noroeste, cubiertos por suelos de origen residual-aluvial, clasificados como CH arcillas limos de mediana plasticidad, calicatas MS-01 y MS-02. De acuerdo con las calicatas indicadas, el suelo orgánico tiene una potencia entre los 0,40 a 0,50 m.

La permeabilidad estimada de las unidades litológicas más superficiales va de baja a alta; los niveles piezométricos son muy superficiales, menores a los 5,00 m, lo cual implica que el sector presenta un drenaje deficiente a la escorrentía superficial.

De acuerdo con este al Mapa Geotécnico Regional, el área se ubica dentro de una Zonificación Geotécnica de Buena: II-C.m a II-E.s.

#### Derecho de Vía de la Vía de Acceso Singue B-Singue Norte y Línea de Flujo Singue Norte-Singue B

Esta alternativa se desarrolla sobre un sector de colinas muy bajas a bajas (Km 0+00 al 0+380 y de Km 1+740 al 3+660), de pendientes menores al 12 %, sobre sedimentos de la formación Curaray y el tramo del Km 0+380 al 1+740 por pendientes del 12 al 25 % sobre los sedimentos de la formación Curaray; superficialmente, se tiene suelos de origen residual clasificados como CH arcillas de alta plasticidad y calicatas MS-01 y MS-03. De acuerdo con estas calicatas, el suelo orgánico tiene una potencia de 0,44 m.

La permeabilidad estimada de las unidades litológicas más superficiales es baja, los niveles piezométricos estimados son mayores a los 5 m de profundidad; en el piezómetro PW3, ubicado en el sector noreste de

la plataforma Singue B, este nivel se midió a 1,13 m de profundidad en el 2015. El sector presenta un drenaje aceptable a la escorrentía superficial.

De acuerdo con este al Mapa Geotécnico Regional, el área se ubica dentro de una Zonificación Geotécnica de Buena: II-C.m , II-E.s y II-C.m.

### **3.1.10.3 Características Físicas de los Suelos**

Es importante citar que este tipo de análisis no es requerido por parte del marco legal vigente, aunque se lo ha incluido como un insumo para GENTE OIL; por lo tanto, no se presenta el certificado de acreditación del laboratorio utilizado, por lo que dichos resultados son referenciales y no se utilizarán para futuros monitoreos.

En agosto de 2023 se realizaron tres perforaciones manuales (calicatas) de hasta 1,00 m de profundidad dentro de las áreas operativas de la plataforma proyectada, así como del DDV de la línea de flujo y vía de acceso en estudio para análisis químico, edafológico y geotécnico.

Los criterios para la ubicación de los puntos de muestreo fueron los siguientes:

- > Que sean representativos de las unidades fisiográficas y de los tipos de suelos del área según lo establecido en el Acuerdo Ministerial 097-A.
- > Que permita determinar los parámetros físicos mediante ensayos de campo y laboratorio en los diferentes perfiles del suelo.

En cada punto de muestreo (calicata), el procedimiento realizado para la toma de muestras fue el siguiente

- > Excavación de calicatas de un metro de ancho por un metro de profundidad.
- > Determinación de los horizontes en el perfil del suelo.
- > Toma de la muestra homogenizada para el análisis de laboratorio de los horizontes A y B1.
- > Análisis de las muestras agronómicas en cada horizonte del suelo determinado.
- > Toma de la muestra geotécnica del fondo del perfil de la calicata.
- > Todas las muestras se recolectaron en funda ziploc, embaladas, rotuladas y transportadas en neveras portátiles hasta el laboratorio Geoconsult de la ciudad de Quito, para su respectivo procesamiento de acuerdo con la norma ASTM D2487-11.

En la Tabla 3-28 se presenta la ubicación de los puntos de muestreo, y en la Tabla 3-29 se observan los resultados del análisis (los reportes de laboratorio se encuentran en el Anexo C. Documentos de Respaldo, C1. Físico, C1.5 Resultados Laboratorio, C1.5.2 Suelo). El código genérico depende del componente analizado y se incluye el acrónimo (G) para identificar a las muestras geotécnicas.

**Tabla 3-28 Ubicación de los Puntos de Muestreo Geotécnico**

| Id (Calicata) | Profundidad (m) | Coordenadas UTM WGS84 Zona 18 Sur |           | Fecha de Muestreo | Descripción del Sitio de Muestreo  | Infraestructura Asociada |
|---------------|-----------------|-----------------------------------|-----------|-------------------|--|--------------------------|
|               |                 | Este (m)                          | Norte (m) |                   |  |                          |
| MS-1-G        | 1,00            | 356608                            | 10020484  | 23/08/2023        | <p>Área plana con vegetación poco intervenida, medianamente drenada.</p>  | Plataforma Singue Norte  |
| MS-2-G        | 1,00            | 356558                            | 10020380  | 23/08/2023        | <p>Área plana con vegetación poco intervenida medianamente drenada.</p>  | Plataforma Singue Norte  |

| Id (Calicata) | Profundidad (m) | Coordenadas UTM WGS84 Zona 18 Sur |           | Fecha de Muestreo | Descripción del Sitio de Muestreo   | Infraestructura Asociada                 |
|---------------|-----------------|-----------------------------------|-----------|-------------------|---|--|
|               |                 | Este (m)                          | Norte (m) |                   |   |  |
| MS-3-G        | 1,00            | 357591                            | 10018020  | 23/08/2023        | <p>Área de colinas medias, de pastizales. Finca del Sr. Wilman Chisag. Áreas bien drenadas.</p>  | DDV de la vía de acceso y línea de flujo |

Fuente: Levantamiento de campo, Entrix, agosto 2023  
 Elaborado por: Entrix, agosto 2023

**Tabla 3-29 Características Físicas de los Suelos**

| Código  | Área operativa          | Coordenadas WGS 84 18 Sur |             | Profundidad (m) | Humedad (%) | Pasa # 4 | Pasa # 200 | L.L. (%) | L.P. (%) | I.P. (%) | SUCS | Densidad (T/m3) |
|---------|-------------------------|---------------------------|-------------|-----------------|-------------|----------|------------|----------|----------|----------|------|-----------------|
|         |                         | Este (m)                  | Norte (m)   |                 |             |          |            |          |          |          |      |                 |
| MS-01-G | Plataforma Singue Norte | 356608,00                 | 10020484,00 | 1,00            | 36,77       | 99,23    | 95,24      | 69,30    | 29,67    | 39,63    | CH   | 1,67            |
| MS-02-G |                         | 356558,00                 | 10020380,00 | 1,00            | 30,21       | 100,00   | 87,63      | 52,20    | 27,67    | 24,53    | CH   | 1,75            |
| MS-03-G | DDV línea de flujo      | 3557591,00                | 10018020,00 | 1,00            | 41,43       | 98,60    | 90,86      | 77,90    | 35,89    | 42,01    | CH   | 1,66            |

LL = Límite líquido; LP = Límite plástico; IP = Índice de plasticidad; SUCS = Sistema unificado de clasificación de suelos; CH = Arcilla de alta plasticidad.

Fuente: Laboratorio Geoconsult, septiembre 2023  
 Elaborado por: Entrix, septiembre 2023

Con base en los resultados presentados, se efectúa el siguiente análisis:

### 3.1.10.3.1 Índice de Plasticidad

El índice de plasticidad (IP) es la diferencia entre los límites líquidos y plásticos de los suelos (es conocido como el Límite de Atterberg). Este índice tiene una relación inversa con la permeabilidad y la compresibilidad del suelo; mientras más bajo es el valor del IP, más alto son los valores de permeabilidad y compresibilidad o viceversa. Un suelo con un IP entre 0-3 % no es plástico; entre 4-15 % ligeramente plástico, entre 15-30 % moderadamente plástico y superior de 30 % es altamente plástico.

Las muestras tomadas en el área geográfica presentan una IP de alta moderada plasticidad entre 24,53 y 42,01 %, a la profundidad de 1,00 m.

### 3.1.10.3.2 Densidad por Volumen

La densidad por volumen se define como la masa (peso) de un volumen de suelo seco. En la zona de estudio, la densidad del subsuelo (horizonte C) de las muestras evaluadas varía entre 1,66 y 1,75 T/m<sup>3</sup>; desde el punto de vista geotécnico, son suelos con densidades naturales bajas, susceptibles a la erosión.

### 3.1.10.4 Permeabilidad

La determinación de los coeficientes de permeabilidad de suelos colectados se realizó mediante el método de curva granulométrica que, a su vez, se basa en la Ley de Darcy (para todos los tipos de suelo), y en el caso de gravas y arenas los coeficientes de permeabilidad están respaldados por la fórmula de Allen Hazen (Juárez, 2005).

En base a estas consideraciones, a continuación, se describen los rangos de permeabilidad de las muestras colectadas:

**Tabla 3-30 Rangos de Permeabilidad de las Muestras Actuales de Suelo Colectadas**

| Calicata                           | SUCS | Rangos de Permeabilidad (cm/s)      |
|------------------------------------|------|-------------------------------------|
| MS-01-G                            | CH   | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-6</sup> |
| MS-02-G                            | CH   | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-6</sup> |
| MS-03-G                            | CH   | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-6</sup> |
| CH = Arcillas de alta plasticidad. |      |                                     |

Fuente: Juárez, E. Mecánica de Suelos, 2005  
Elaboración: Entrix, 2023

La mayoría de las muestras de suelos analizadas corresponden a arcillas, que por su granulometría muy fina presentan una permeabilidad de baja a prácticamente impermeable con relación a su IP.

### 3.1.10.4.1 Clasificación Unificada de los Suelos (SUCS)

La clasificación está basada principalmente en los límites de Atterberg, tamaño de las partículas y el contenido de la materia orgánica. Los suelos del área de estudio corresponden en un alto porcentaje al tipo CH, definidos como suelos residuales, arcillas de moderada a alta plasticidad.

De las perforaciones someras realizadas, se puede generalizar su estratigrafía y las propiedades físico-mecánicas de los suelos del área de investigación, de la siguiente manera:

- > De 0,00 a 0,10 m: Suelo vegetal, gris oscuro, suelto. Baja resistencia a la erosión y al corte, vulnerables a la erosión laminar y fácilmente removible por acción antrópica.
- > De 0,10 a 2,50 m: Suelos residuales, arcillas inorgánicas de alta plasticidad, del tipo CH, castaños amarillentos, de consistencia blanda, muy plástico, con alto contenido de humedad, permeabilidad

baja. Vulnerables a la erosión laminar con desarrollo de surcos y cárcavas. Pueden presentar pequeños movimientos en masa en taludes artificiales en condiciones de alta saturación. Son excavados con facilidad.

### **3.1.10.5 Conclusiones**

- > El mayor porcentaje del área analizada corresponde a la zona geotécnica II-C.m y II-C.a, de calidad buena, que son sectores colinados a ondulados con pendientes naturales no mayores al 25 %, por lo que son estables sobre sedimentos consolidados de la formación Curaray, donde hay un predominio de suelos residuales arcillosos, mal drenados, por lo cual los niveles piezométricos son poco superficiales. En esta zona geotécnica se localiza parte de la plataforma Singue Norte, así como también el derecho de vía propuesto.
- > Sobre los valles aluviales de los ríos principales, Singue y Sansahuari, se tiene una zona geotécnica de calidad buena II-E.s, de aceptables características geotécnicas; son áreas mal drenadas, con niveles piezométricos muy superficiales. Un sector de la plataforma Singue Norte se ubica en esta unidad geotécnica.
- > El basamento rocoso está constituido por sedimentos de consolidados, de calidad geotécnica Buena, de la formación Curaray y depósitos aluviales. Su capacidad portante es aceptable. Superficialmente, son ripables. Soportan taludes artificiales de hasta 45 %, con protección; sin protección vegetal, se fracturan y disgregan haciéndose vulnerables a la erosión en forma de cárcavas.
- > La erosión es inicial. Los suelos son sensibles a la erosión laminar y carcavamiento, debido especialmente a su granulometría fina y baja densidad natural.
- > En los sectores colinados bajo las condiciones geotécnicas actuales el sector tiene una peligrosidad baja, que significa que existe una baja probabilidad de que espontáneamente se produzcan deslizamientos y que si estos se produjesen serían de baja intensidad; esto es, de dimensiones inferiores a pocas decenas de metros cuadrados y de carácter superficial, afectando únicamente a la capa suelo orgánico y la parte superficial del suelo residual.
- > La permeabilidad de las unidades litológicas consolidadas (formación Curaray) varía de impermeable a semipermeable y no posee acuíferos generalizados. Sus niveles piezométricos se localizan a profundidades entre los 2 y 10 m.
- > Los depósitos aluviales (QT y QA) presentan niveles piezométricos altos, contienen acuíferos superficiales, por lo que se consideran como sectores de Alta sensibilidad.
- > Sobre este basamento rocoso se han desarrollado potentes suelos residuales y coluvio-aluviales. De acuerdo con los análisis realizados en alto porcentaje, hasta la profundidad de 1,00 m, corresponde a arcillas de mediana a alta plasticidad del tipo CH (Tabla 3-30), que por su granulometría muy fina presentan una permeabilidad de baja a prácticamente impermeable, con relación a su índice de plasticidad.
- > En general, las características geotécnicas de la Unidad II son buenas, no existen zonas inestables críticas.
- > En algunos sectores del área geográfica se ha detectado varias zonas geotécnicas de mala calidad V-E.s que coinciden con zonas pantanosas e indudables, que por su extensión y en las obras civiles proyectadas no presentan problemas de orden constructivo ni de operación.
- > La construcción de la plataforma, como el derecho de vía de la línea de flujo, así como la vía de acceso, se los ejecutará en sectores de llanura y colinados. A pesar de que se las ha clasificado como zonas geotécnicas de Calidad Buena implicarán la nivelación de las subrasantes de estas, con movimientos

de tierras de pequeños volúmenes de cortes sobre suelos y rocas fácilmente ripables, con un adecuado diseño de drenajes.

- > Las actividades de construcción, perforación, operación y cierre y abandono proyectadas no implican alteraciones importantes de las condiciones geomorfológicas o geotécnicas.

### **3.1.11 Ruido Ambiental**

Se llama contaminación acústica (o ruido) al exceso de sonido que altera las condiciones normales del ambiente en una determinada zona. Se entiende como sonido excesivo y molesto provocado por las actividades humanas, en este caso externas al ambiente natural donde se efectuará el proyecto.

#### **3.1.11.1 Metodología**

El Acuerdo Ministerial 097-A (en adelante, A. M. 097-A) dentro del Anexo V emite los niveles máximos de emisión de ruido y la metodología a aplicarse para la medición para fuentes fijas y móviles; el objetivo del texto es preservar la salud y bienestar de las personas y del medio ambiente estableciendo diferentes directrices y lineamientos que permiten realizar el monitoreo de los niveles de presión sonora, además de establecer niveles máximos permisibles de ruido.

Sobre la base del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Putumayo 2019-2024 (Anexo C. Documentos de Respaldo, C.3 Social, C.3.3 Documentos Oficiales, C.3.3.2 PDOT), en su literal 2.1.2.1 se presenta el uso y cobertura del suelo y se indica que el 91,68 % del territorio corresponde a bosque nativo, 4,58 % a mosaico agropecuario, 1,79 % a pastizal y 1,67 % a cuerpo natural de agua.

Además, con el fin de obtener información de las fuentes oficiales competentes, a través de la Carta Ciudadano Nro. CIUDADANO-CIU-2023-34734 de 08 de agosto de 2023 se solicitó la información de uso de suelo al GAD de Putumayo, así también a través de la Carta Ciudadano Nro. CIUDADANO-CIU-2023-41161 de 13 de septiembre de 2023 se solicitó la información al GAD de Lago Agrio, considerando que el área geográfica del proyecto se enmarca en estos dos cantones. Al respecto, no se ha recibido la respuesta de las cartas mencionadas.

Por otro lado, para contrarrestar la información de uso de suelo del PDOT del cantón Putumayo, se ha considerado la cobertura vegetal y uso actual del suelo obtenida de la interpretación de la imagen satelital 2023 (graficada en el Anexo A. Cartografía, mapa 3.1-13 Cobertura), así como el informe de compatibilidad de uso de suelo del GAD Municipal de Putumayo que la Operadora dispone de la plataforma Singue 1, el cual indica la clasificación del suelo como "Suelo Rural".

En el mapa 3.1-17 Ruido del Anexo A. Cartografía, los puntos de medición de ruido ambiental se grafican sobre la cobertura vegetal y uso actual del suelo interpretada de la imagen satelital 2023.

En función de la disponibilidad de la información mencionada en los párrafos anteriores, se aplican las siguientes metodologías para la medición de ruido ambiental:

- > Agrícola residencial (AR): Los puntos de monitoreo de ruido PR-2 y PR-3, según la identificación en territorio, la información del PDOT del cantón Putumayo, la cobertura vegetal y uso del suelo interpretada de la imagen satelital 2023, cultivo y vegetación arbustiva, respectivamente, y la referencia de la calificación del suelo del informe de compatibilidad de uso del GAD Municipal de la plataforma Singue 1, se enmarcan en el uso catalogado como mosaico agropecuario, por lo que los resultados de estos puntos de medición se comparan con los límites estipulados por la normativa ambiental vigente para zona Agrícola Residencial (AR).
  - > Conforme la Tabla 1 del Anexo 5 del Acuerdo Ministerial 097-A, para el caso de uso de suelo AR los límites son de 65 dB y 45 dB para horario diurno y nocturno respectivamente. Para el monitoreo de ruido localizado en una zona de uso de suelo catalogado como AR se utilizó el método Leq 15s para medir el ruido total y el residual, que se basó en tomar y reportar cinco mediciones de 15 segundos cada una en horario diurno (desde las 07:01 hasta las 21:00) y nocturno (desde las 21:01 hasta las

07:00) en cada punto de monitoreo. El ruido emitido por la fuente emisora es fluctuante, por lo que se ha empleado el método indicado debido a que abarca la mayor cantidad de variaciones de ruido. En el Anexo 5 del A. M. 097-A existen diferentes consideraciones al momento de muestrear fuentes fijas de ruido, y se especifica que para que los datos sean válidos es necesario que la diferencia entre los valores extremos (NPS mínimo y el NPS máximo) sea menor o igual a 4 dB. Con la finalidad de validar los niveles de ruido durante las mediciones y facilitar el análisis, se reportó el NPS mínimo (L<sub>Amin</sub>) y el NPS máximo (L<sub>Amax</sub>) medidos de cada muestreo. Con estos parámetros se procedió a calcular el L<sub>Keq</sub> (Nivel de Presión Sonora Equivalente Corregido) para el caso de ruido específico con características impulsivas y con contenido energético alto en frecuencias bajas.

- > Protección Ecológica (PE) y Recursos Naturales (RN): El punto de monitoreo de ruido PR1 (24 h), según la identificación en el territorio, la información del PDOT del cantón Putumayo y la cobertura vegetal y uso del suelo interpretada de la imagen satelital 2023, se encuentra en bosque nativo. Este punto de monitoreo se ubica dentro de la Unidad 5 Napo del Patrimonio Forestal del Estado. Por lo tanto, los resultados de este punto de monitoreo corresponde se comparen con los límites catalogados por la normativa ambiental vigente para zona de Protección Ecológica y Recursos Naturales.
  - > La metodología se seleccionó en función de los protocolos establecidos en el A. M. 097-A, Anexo 5, tanto para el horario diurno como nocturno. Este protocolo indica la necesidad de establecer como mínimo un punto de medición, y las muestras deben tener una duración de 15 minutos, por lo tanto, cada hora tendrá cuatro muestras y en 24 horas habrá un total de 96 muestras en el horario diurno (desde las 07:01 hasta las 21:00) y nocturno (desde las 21:01 hasta las 07:00). El A. M. 097-A establece que la Autoridad Ambiental se encargará de definir los límites máximos permisibles de presión sonora de acuerdo con la explicación que se presenta en la Tabla 3-31. Las dos fórmulas se aplican tanto para el horario diurno como nocturno. Para el actual estudio se usó esta metodología, y dentro de las conclusiones se establece, a manera de sugerencia, el nivel más permisible para este caso.

**Tabla 3-31 Determinación de L<sub>Keq</sub> para Usos de Suelo de Protección Ecológica y Recursos Naturales**

| Periodo Diurno   |                 | Comentarios  |
|--|-----------------|--|
| L <sub>Keq</sub>   |                 |  |
| LA90 más bajo medido durante el periodo día más corrección (dB): | Corrección (dB) | La Autoridad Ambiental Nacional determinará la corrección más apropiada dependiendo del caso, siendo:<br>L <sub>Keq</sub> = LA90 + 10 dB (es el nivel más permisible)<br>L <sub>Keq</sub> = LA90 – 10 dB (es el nivel más restrictivo) |
|  | 10              |  |
|  | 5               |  |
|  | 0               |  |
|  | - 5             |  |
| - 10   |                 |  |
| Periodo Nocturno   |                 |  |
| L <sub>Keq</sub>   |                 |  |
| LA90 más bajo medido durante el periodo día más corrección (dB): | Corrección (dB) |  |
|  | 10              |  |
|  | 5               |  |
|  | 0               |  |
|  | - 5             |  |
| - 10   |                 |  |

Fuente: Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 4, del 4 de noviembre de 2015  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### 3.1.11.1.1 Equipos de Medición

El laboratorio encargado de realizar las mediciones, Gruentec Cía. Ltda., cuenta con la acreditación del Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE LEN 05-008) (Anexo C. Documentos de Respaldo, C1. Físico, C1.3. Acreditación Laboratorio), al igual que los equipos necesarios para realizar el estudio, como exige la Norma de la Comisión Electrotécnica Internacional IEC 61672-1:2002.

Para verificar el correcto funcionamiento del sonómetro durante las mediciones, se utilizó un calibrador acústico apropiado para el sonómetro. En la Tabla 3-32 se especifican los equipos manejados durante el estudio para ruido ambiental. Tanto los equipos de medición de ruido como los calibradores acústicos estuvieron en óptimas condiciones de funcionamiento y cuentan con los debidos certificados de calibración emitidos por un laboratorio competente (Anexo C. Documentos de Respaldo, C1. Físico, C1.4 Calibración Equipos, Equipos Ruido).

**Tabla 3-32 Ubicación de Puntos de Muestreo de Ruido Ambiental**

| Instrumento   | Especificaciones   |
|---|--|
| Sonómetro Clase I<br>Marca: PCE<br>Modelo: PCE-430        | Instrumento Tipo Clase I   |
|   | Certificado de Calibración No: TC-0479-006-23                                      |
|   | N.º de Serie: 576032   |
|   | Identificación Gruentec: SONO-012  |
|   | Rango: 22 a 136 dB   |
| Calibrador acústico                                       | N.º de Serie: 566023   |
|   | Certificado de Calibración No: CQC-0479-013-23<br>Fecha de Calibración: 07/08/2023 |
|   | Modelo: PCE-SC 10  |
|   | Nivel de presión sonora: 94 a 114 dB<br>Frecuencia de Emisión: 1 kHz               |
|   | Identificación Gruentec: SOCA-012  |
| Sonómetro Clase II<br>Marca: 3M<br>Modelo: SOUNDPRO SE/DL | Instrumento Tipo Clase II  |
|   | Certificado de Calibración No: TC-0022-005-22                                      |
|   | N.º de Serie: 43075  |
|   | Identificación Gruentec: SONO-014  |
|   | Rango: 10 a 140 dB   |
| Calibrador acústico                                       | N.º de Serie: AC300005251  |
|   | Certificado de Calibración No: TC-0265-011-23<br>Fecha de Calibración: 10/05/2023  |
|   | Modelo: AC-300   |
|   | Nivel de presión sonora: 114 dB<br>Frecuencia de Emisión: 1000 Hz                  |
|   | Identificación Gruentec: SOCA-004  |

Fuente: Gruentec, septiembre 2023  
Elaborado por: Entrix, septiembre 2023

### **3.1.11.1.2 Procedimiento de Campo**

#### **Condiciones Ambientales**

Con respecto al monitoreo de ruido ejecutado para uso de suelo Agrícola Residencial (AR), la norma establece que las mediciones no deben efectuarse en condiciones adversas que puedan afectar el proceso de medición, por ejemplo: presencia de lluvias, truenos, etc., y solamente cuando la velocidad del viento sea igual o menor a 5 m/s. En la Tabla 3-33 se detallan los diferentes parámetros meteorológicos medidos *in situ* de cada monitoreo.

**Tabla 3-33 Parámetros Meteorológicos Medidos *in situ* durante el Monitoreo para Uso de los Suelo Agrícola Residencial**

| Id   | Fecha      | Descripción del Sitio de Muestreo  | Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 18 Sur |           | Uso de Suelo                | Condiciones Meteorológicas |                      |                  |                            |                            |
|------|------------|--|---|-----------|-----------------------------|----------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|
|      |            |  | Este (m)                                | Norte (m) |                             | Lluvia                     | Humedad Relativa (%) | Temperatura (°C) | Velocidad del Viento (m/s) | Presión Atmosférica (mbar) |
| PR-2 | 23/08/2023 | Punto de muestreo a 500 m al norte de la plataforma Singue B junto a un sendero usado por la comunidad Singue. Este punto se localiza cerca del área donde se implantará el DDV del presente proyecto. | 357668                                  | 10017769  | Agrícola residencial I (AR) | Ausencia                   | 88,7                 | 24,6             | 0,6                        | 984,3                      |
| PR-3 | 23/08/2023 | Punto de muestreo a 2 km de plataforma Singue B dentro del bosque primario. Este punto se localiza cerca del área donde se implantará el DDV del presente proyecto.                                    | 357034                                  | 10019049  |                             | Ausencia                   | 88,7                 | 24,6             | 0,6                        | 984,3                      |

Fuente: Gruentec Informes de laboratorio, agosto 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

Página en blanco

Para el muestreo de ruido natural en el punto PR-1 (24 H) en suelos de Protección Ecológica (PE) y Recursos Naturales (RN), la respectiva norma establece que las mediciones no deben efectuarse en condiciones adversas que puedan afectar el proceso de medición, por ejemplo: presencia de lluvias, truenos, etc. En la Tabla 3-34 se presenta la ubicación del punto de muestreo PR-1 (24 H), y en la Tabla 3-35 se muestran las condiciones ambientales durante el muestreo efectuado en este punto el 23 de agosto de 2023.

**Tabla 3-34 Ubicación de Punto de Muestreo de Ruido en Suelos PE y RN**

| Id            | Fecha      | Descripción del Sitio de Muestreo   | Coordenadas UTM<br>Datum WGS84 Zona 18 Sur |           | Uso de Suelo  |
|---------------|------------|---|--|-----------|---|
|               |            |   | Este (m)                                   | Norte (m) |   |
| PR-1<br>(24H) | 23/08/2023 | Los puntos de muestreo de difícil acceso, muestra compuesta, dentro del bosque primario a 3,3 km de la plataforma Singue B. Este punto se localiza cerca del área donde se implantará la plataforma Singue Norte. | 356716                                     | 10020373  | Protección Ecológica (PE) y Recursos Naturales (RN) |

Fuente: Gruentec Informes de laboratorio, agosto 2023

Elaboración: Entrix, septiembre 2023

**Tabla 3-35 Parámetros Meteorológicos Medidos *In Situ***

| Hora<br>(hh:mm)                           | Humedad Relativa (%) | Temperatura (°C) | Dirección del Viento | Velocidad del Viento (m/s) | Presión Atmosférica (mB) | Observaciones                                |
|---|----------------------|------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------|--|
| Mediciones en Horario Diurno 7:01 a 21:00 |                      |                  |                      |                            |                          |  |
| 23/08/2023<br>9:30                        | 84                   | 29               | N                    | 0,2                        | 1013                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>9:45                        | 84                   | 29               | N                    | 0,2                        | 1013                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>10:00                       | 84                   | 29               | N                    | 0,3                        | 1013                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>10:15                       | 84                   | 29               | N                    | 0,3                        | 1010                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>10:30                       | 84                   | 29               | N                    | 0,4                        | 1010                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>10:45                       | 85                   | 29               | N                    | 0,4                        | 1010                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>11:00                       | 85                   | 29               | N                    | 0,2                        | 1009                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>11:15                       | 86                   | 29               | NE                   | 0,2                        | 1009                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>11:30                       | 86                   | 29               | NE                   | 0,3                        | 1010                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>11:45                       | 86                   | 29               | NE                   | 0,3                        | 1011                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>12:00                       | 86                   | 29               | NE                   | 0,4                        | 1011                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |

| <b>Hora (hh:mm)</b> | <b>Humedad Relativa (%)</b> | <b>Temperatura (°C)</b> | <b>Dirección del Viento</b> | <b>Velocidad del Viento (m/s)</b> | <b>Presión Atmosférica (mB)</b> | <b>Observaciones</b>                         |
|---------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--|
| 23/08/2023<br>12:15 | 87                          | 29                      | NE                          | 0,3                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>12:30 | 87                          | 30                      | NE                          | 0,4                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>12:45 | 87                          | 30                      | NE                          | 0,3                               | 1013                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>13:00 | 87                          | 30                      | NE                          | 0,2                               | 1013                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>13:15 | 87                          | 30                      | N                           | 0,2                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>13:30 | 87                          | 30                      | N                           | 0,3                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>13:45 | 87                          | 30                      | N                           | 0,2                               | 1011                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>14:00 | 87                          | 30                      | N                           | 0,3                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>14:15 | 87                          | 31                      | N                           | 0,3                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>14:30 | 87                          | 31                      | N                           | 0,3                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>14:45 | 87                          | 32                      | N                           | 0,2                               | 1011                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>15:00 | 87                          | 32                      | N                           | 0,2                               | 1011                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>15:15 | 87                          | 32                      | N                           | 0,2                               | 1013                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>15:30 | 87                          | 33                      | N                           | 0,3                               | 1013                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>15:45 | 87                          | 33                      | N                           | 0,4                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>16:00 | 87                          | 33                      | N                           | 0,4                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>16:15 | 87                          | 32                      | N                           | 0,4                               | 1013                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>16:30 | 87                          | 32                      | N                           | 0,4                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>16:45 | 87                          | 32                      | N                           | 0,4                               | 1013                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>17:00 | 87                          | 32                      | N                           | 0,3                               | 1013                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>17:15 | 87                          | 30                      | N                           | 0,3                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>17:30 | 87                          | 30                      | N                           | 0,4                               | 1011                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |

| <b>Hora (hh:mm)</b> | <b>Humedad Relativa (%)</b> | <b>Temperatura (°C)</b> | <b>Dirección del Viento</b> | <b>Velocidad del Viento (m/s)</b> | <b>Presión Atmosférica (mB)</b> | <b>Observaciones</b>                         |
|---------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--|
| 23/08/2023<br>17:45 | 87                          | 29                      | N                           | 0,4                               | 1011                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>18:00 | 87                          | 28                      | N                           | 0,4                               | 1011                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>18:15 | 86                          | 28                      | N                           | 0,4                               | 1010                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>18:30 | 86                          | 28                      | N                           | 0,2                               | 1010                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>18:45 | 86                          | 27                      | NE                          | 0,3                               | 1011                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>19:00 | 86                          | 26                      | NE                          | 0,3                               | 1009                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>19:15 | 87                          | 26                      | NE                          | 0,3                               | 1010                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>19:30 | 87                          | 25                      | NE                          | 0,3                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>19:45 | 87                          | 25                      | NE                          | 0,4                               | 1011                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>20:00 | 87                          | 24                      | N                           | 0,4                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>20:15 | 87                          | 24                      | N                           | 0,4                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>20:30 | 87                          | 24                      | N                           | 0,2                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>20:45 | 87                          | 23                      | N                           | 0,2                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>7:00  | 84                          | 23                      | N                           | 0,3                               | 1013                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>7:15  | 84                          | 23                      | N                           | 0,3                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>7:30  | 84                          | 23                      | N                           | 0,3                               | 1011                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>7:45  | 84                          | 23                      | N                           | 0,3                               | 1011                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>8:00  | 85                          | 25                      | N                           | 0,3                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>8:15  | 85                          | 25                      | N                           | 0,4                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>8:30  | 85                          | 25                      | N                           | 0,4                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>8:45  | 85                          | 25                      | N                           | 0,4                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>9:00  | 85                          | 25                      | N                           | 0,3                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |

| <b>Hora (hh:mm)</b>                          | <b>Humedad Relativa (%)</b> | <b>Temperatura (°C)</b> | <b>Dirección del Viento</b> | <b>Velocidad del Viento (m/s)</b> | <b>Presión Atmosférica (mB)</b> | <b>Observaciones</b>                         |
|--|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--|
| 24/08/2023<br>9:15                           | 85                          | 25                      | N                           | 0,3                               | 1011                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| Mediciones en horario nocturno 21:01 A 07:00 |                             |                         |                             |                                   |                                 |  |
| 23/08/2023<br>21:00                          | 88                          | 23                      | S                           | 0,3                               | 1011                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>21:15                          | 88                          | 23                      | S                           | 0,3                               | 1011                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>21:30                          | 88                          | 23                      | S                           | 0,4                               | 1011                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>21:45                          | 88                          | 22                      | S                           | 0,4                               | 1011                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>22:00                          | 89                          | 22                      | S                           | 0,4                               | 1011                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>22:15                          | 89                          | 22                      | S                           | 0,5                               | 1011                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>22:30                          | 89                          | 22                      | S                           | 0,4                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>22:45                          | 89                          | 22                      | S                           | 0,3                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>23:00                          | 89                          | 22                      | S                           | 0,3                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>23:15                          | 89                          | 22                      | S                           | 0,3                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>23:30                          | 91                          | 22                      | S                           | 0,2                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 23/08/2023<br>23:45                          | 91                          | 22                      | S                           | 0,2                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>0:00                           | 91                          | 22                      | S                           | 0,3                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>0:15                           | 95                          | 21                      | S                           | 0,3                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>0:30                           | 95                          | 21                      | S                           | 0,3                               | 1012                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>0:45                           | 95                          | 21                      | SN                          | 0,4                               | 1011                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>1:00                           | 95                          | 21                      | SN                          | 0,4                               | 1011                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>1:15                           | 95                          | 21                      | SN                          | 0,4                               | 1011                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>1:30                           | 95                          | 21                      | SN                          | 0,4                               | 1011                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>1:45                           | 95                          | 21                      | SN                          | 0,4                               | 1010                            | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |

| Hora (hh:mm)   | Humedad Relativa (%) | Temperatura (°C) | Dirección del Viento | Velocidad del Viento (m/s) | Presión Atmosférica (mB) | Observaciones                                |
|--|----------------------|------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------|--|
| 24/08/2023<br>2:00   | 95                   | 21               | SN                   | 0,3                        | 1010                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>2:15   | 96                   | 21               | SN                   | 0,3                        | 1010                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>2:30   | 96                   | 21               | S                    | 0,4                        | 1010                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>2:45   | 96                   | 21               | S                    | 0,4                        | 1011                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>3:00   | 96                   | 21               | S                    | 0,4                        | 1011                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>3:15   | 96                   | 21               | S                    | 0,3                        | 1012                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>3:30   | 96                   | 21               | S                    | 0,5                        | 1012                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>3:45   | 95                   | 21               | S                    | 0,4                        | 1012                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>4:00   | 95                   | 20               | S                    | 0,4                        | 1011                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>4:15   | 95                   | 20               | S                    | 0,4                        | 1011                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>4:30   | 95                   | 20               | S                    | 0,4                        | 1011                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>4:45   | 94                   | 20               | S                    | 0,4                        | 1012                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>5:00   | 94                   | 20               | S                    | 0,3                        | 1012                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>5:15   | 94                   | 20               | S                    | 0,3                        | 1011                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>5:30   | 94                   | 20               | S                    | 0,3                        | 1012                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>5:45   | 94                   | 20               | S                    | 0,3                        | 1012                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>6:00   | 94                   | 20               | S                    | 0,2                        | 1012                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>6:15   | 94                   | 20               | S                    | 0,3                        | 1012                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>6:30   | 94                   | 20               | S                    | 0,3                        | 1011                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| 24/08/2023<br>6:45   | 94                   | 20               | S                    | 0,3                        | 1011                     | Fauna de la zona y cuerpos hídricos cercanos |
| *Parámetros meteorológicos medidos <i>in situ</i> durante el Muestreo del 23 de agosto para Uso de Suelo de Protección Ecológica y Recursos Naturales el Estado. |                      |                  |                      |                            |                          |  |

Fuente: Gruentec, Informes de laboratorio, septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### Ubicación del Sonómetro

La metodología para la medición, cuantificación y determinación del nivel de ruido para fuentes fijas de ruido (FFR), artículo 5.2.8 del Anexo 5 del A. M. 097-A, determina que el sonómetro deberá estar colocado sobre un trípode a una altura igual o superior a 1,5 m desde el suelo, direccionando el micrófono hacia la fuente con una inclinación de 45 a 90° sobre su plano horizontal. Durante la medición el operador debe estar alejado del equipo al menos 1 m.

### Información In Situ

Se registró cada uno de los sitios de monitoreo y la hora durante la medición (Anexo C Documentos de respaldo; C1 Físico; C1.2 Cadenas de Custodia).

#### 3.1.11.2 Puntos de Monitoreo Periódicos

GENTE OIL, en cumplimiento con su Plan de Monitoreo Ambiental desde el 2014 ha ejecutado monitoreos de ruido conforme la periodicidad establecida por la normativa ambiental respectiva. En la Tabla 3-36 se detalla la ubicación de los puntos de monitoreo periódicos, datos obtenidos de los Informes de Monitoreo Ambiental Semestrales del Bloque 53-Singue del 2022 (Anexo A, Cartografía, 3.1-17 RUIDO y 3.1-18 AIRE).

**Tabla 3-36 Puntos de Monitoreo Periódicos de Ruido**

| Id     | Coordenadas<br>WGS84 Zona 18 Sur |           | Descripción del Área   | Fuente   |
|--------|----------------------------------|-----------|--|--|
|        | Este (m)                         | Norte (m) |  |  |
| R4-1   | 357033                           | 10016938  | Casa Sr. Luis César Sigcha ubicada dentro del bloque 53 Singue. Vía de acceso a Singue A.                    | Informe de Monitoreo Ambiental Bloque 53-Singue, Segundo Semestre 2022 |
| R4-2   | 357942                           | 10015823  | Puente ubicado dentro del bloque 53 Singue (aprox. a 1500 m de la división "La Y" de las estaciones Singue). |  |
| R4-3   | 357137                           | 10016845  | División "La Y" de las estaciones Singue A y Singue B  |  |
| R4-4.1 | 359247                           | 10015659  | Parqueadero de vehículos ubicado en el Control Militar Destacamento Sansahuari                               |  |
| R4-4.2 | 359193                           | 10015704  | Camino diagonal a la oficina ubicada en el Control Militar Destacamento Sansahuari                           | Informe de Monitoreo Ambiental Bloque 53-Singue, Primer Semestre 2022  |

Fuente: GENTE OIL, julio 2022 y enero 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

Cabe recalcar que los monitoreos ejecutados por GENTE OIL responden al cumplimiento de las responsabilidades adquiridas bajo los permisos administrativos ambientales con los que cuenta actualmente.

#### 3.1.11.3 Puntos de Monitoreo Definidos para Proyecto Singue Norte

De acuerdo con lo establecido en la sección 5.2.2 del Anexo 5 el A. M. 097-A, no se fija un número mínimo de puntos de medición; sin embargo, se ha considerado sitios de monitoreo que se ubican en el área geográfica del proyecto, principalmente en áreas donde se identificaron puntos críticos de afectación<sup>1</sup> (PCA), donde se busca determinar el nivel de ruido previo al inicio del proyecto en la zona evaluada,

<sup>1</sup> De acuerdo con lo establecido en el A. M. 097-A, se define a los PCA de la siguiente manera "Sitios o lugares, cercanos a una Fuente Fija de Ruido (FFR) ocupados por receptores sensibles (humanos, fauna, etc.) que requieren de condiciones de tranquilidad y serenidad".

permitiendo tener valores referenciales de comparación durante el desarrollo del proyecto en sus diferentes etapas. Bajo esta consideración, se ha definido tres puntos de monitoreo, los cuales se presentan a continuación (Anexo A Cartografía; 3.1-17 RUIDO).

**Tabla 3-37 Ubicación de los Puntos de Muestreo de Ruido para Uso de Suelo Agrícola Residencial**

| Ubicación  | Punto de Muestreo | Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 18 Sur |           | Infraestructura Asociada | Fotografía  |
|--|-------------------|---|-----------|--------------------------|---|
|  |                   | Este (m)                                | Norte (m) |                          |   |
| Punto de muestreo a 500 m al norte de plataforma Singue B junto a sendero usado por la comunidad | PR-2              | 357668                                  | 10017769  | DDV                      |  |
| Punto de muestreo a 2 km de plataforma Singue B dentro del bosque primario                       | PR-3              | 357034                                  | 10019049  | DDV                      |  |

Fuente: Gruentec, Informes de laboratorio, agosto 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

**Tabla 3-38 Ubicación de Punto de Muestreo de Ruido para Uso de Suelo de Protección Ecológica y Recursos Naturales del Estado**

| Ubicación   | Punto de Muestreo | Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 18 Sur |           | Infraestructura Asociada | Fotografía  |
|---|-------------------|---|-----------|--------------------------|---|
|   |                   | Este (m)                                | Norte (m) |                          |   |
| Zona de bosque localizado cerca del área donde se implantará la plataforma Singue Norte | PR-1 (24 h)       | 356716                                  | 10020373  | Plataforma Singue Norte  |  |

Fuente: Gruentec, Informes de laboratorio, agosto 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### 3.1.11.4 Resultados de Laboratorio

#### 3.1.11.4.1 Uso de Suelo de Agrícola Residencial

Con la finalidad de validar los niveles de ruido durante las mediciones y facilitar el análisis y comparación de las muestras, se reportó el NPS equivalente ( $L_{eq}$ ), mínimo ( $L_{min}$ ) y el NPS máximo ( $L_{max}$ ) medidos en cada punto de monitoreo. En la Tabla 3-39 se detallan los resultados de los dos puntos de monitoreo en suelos AR ejecutados tanto en horario diurno como nocturno.

**Tabla 3-39 Resultados de Monitoreo de Ruido Ambiental**

| Código de la Muestra | Fecha de Medición | Hora  | Horario  | Lmin (dB) | Lmax (dB) | Leq (dB) | Niveles Máximos de Emisión de Ruido (dB)* | Observaciones   |
|----------------------|-------------------|-------|----------|-----------|-----------|----------|---|---|
| PR-2                 | 23/08/2023        | 17:30 | Diurno   | 42        | 42        | 42       | 65  | Ruido de animales domésticos, personas, aves silvestres |
| PR-3                 | 23/08/2023        | 11:30 | Diurno   | 39        | 39        | 39       |   | Ruido de animales domésticos, personas, aves silvestres |
| PR-2                 | 23/08/2023        | 21:10 | Nocturno | 39        | 39        | 39       | 45  | Ruido de animales domésticos, personas, aves silvestres |
| PR-3                 | 23/08/2023        | 22:45 | Nocturno | 41        | 41        | 41       |   | Ruido de animales domésticos, personas, aves silvestres |

\* Niveles máximos de emisión de ruido para fuentes fijas de ruido para suelos de uso Agrícola Residencial, Tabla 1 del Anexo 5 del A. M. 097-A.

Fuente: Gruentec, Informes de laboratorio, agosto 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### 3.1.11.4.2 Uso de Suelo de Protección Ecológica y Recursos Naturales

Para el caso de suelos PE y RN, en la Tabla 3-40 se detallan los resultados de las 96 mediciones hechas durante el muestreo de 24 horas cerca al área de implantación, donde LA90 mínimo diurno es de 47 dB, mientras que LA90 mínimo nocturno es de 46 dB (Anexo C. Documento de Respaldo; C1 Físico; C1.5 Resultados de Laboratorio; C1.5.4 Ruido). Asimismo, estos datos servirán para determinar un límite máximo de emisión de ruido en este uso de suelo basándose en lo establecido en el A. M. 097-A, Anexo 4, Metodología para la Determinación del Nivel Máximo de Emisión de Ruido (LLeq) en Usos de Suelo PE y RN, en su Tabla 3. Para esto, la Autoridad Ambiental Nacional determinará la corrección otorgando como máximo 10 dB a los valores mínimos de LA90 diurnos y nocturnos registrados en el muestreo.

**Tabla 3-40 Resultados de las 96 Muestras en el Punto PR-1 (24 h)**

| Hora (hh:mm)     | Diurno | Nocturno | Laeq | LA90 | LA10 | Lamax | Lamin |
|------------------|--------|----------|------|------|------|-------|-------|
| 23/08/2023 9:30  | X      |          | 49   | 52   | 57   | 58    | 46    |
| 23/08/2023 9:45  | X      |          | 49   | 52   | 57   | 59    | 46    |
| 23/08/2023 10:00 | X      |          | 49   | 52   | 57   | 58    | 46    |
| 23/08/2023 10:15 | X      |          | 48   | 52   | 56   | 57    | 45    |
| 23/08/2023 10:30 | X      |          | 48   | 54   | 56   | 57    | 45    |
| 23/08/2023 10:45 | X      |          | 47   | 54   | 55   | 58    | 45    |
| 23/08/2023 11:00 | X      |          | 47   | 54   | 55   | 58    | 45    |
| 23/08/2023 11:15 | X      |          | 47   | 54   | 55   | 59    | 44    |
| 23/08/2023 11:30 | X      |          | 48   | 56   | 56   | 59    | 44    |
| 23/08/2023 11:45 | X      |          | 48   | 56   | 56   | 59    | 44    |
| 23/08/2023 12:00 | X      |          | 48   | 53   | 56   | 59    | 44    |
| 23/08/2023 12:15 | X      |          | 49   | 53   | 56   | 58    | 45    |
| 23/08/2023 12:30 | X      |          | 49   | 51   | 55   | 59    | 45    |

| Hora (hh:mm)     | Diurno | Nocturno | Laeq | LA90 | LA10 | Lamax | Lamin |
|------------------|--------|----------|------|------|------|-------|-------|
| 23/08/2023 12:45 | X      |          | 49   | 51   | 55   | 60    | 45    |
| 23/08/2023 13:00 | X      |          | 49   | 51   | 55   | 59    | 45    |
| 23/08/2023 13:15 | X      |          | 48   | 51   | 54   | 58    | 46    |
| 23/08/2023 13:30 | X      |          | 48   | 51   | 54   | 59    | 46    |
| 23/08/2023 13:45 | X      |          | 48   | 51   | 54   | 59    | 46    |
| 23/08/2023 14:00 | X      |          | 48   | 51   | 54   | 58    | 45    |
| 23/08/2023 14:15 | X      |          | 48   | 51   | 54   | 58    | 45    |
| 23/08/2023 14:30 | X      |          | 49   | 50   | 55   | 59    | 45    |
| 23/08/2023 14:45 | X      |          | 49   | 50   | 55   | 59    | 45    |
| 23/08/2023 15:00 | X      |          | 49   | 50   | 55   | 59    | 45    |
| 23/08/2023 15:15 | X      |          | 47   | 49   | 56   | 59    | 45    |
| 23/08/2023 15:30 | X      |          | 47   | 48   | 55   | 59    | 44    |
| 23/08/2023 15:45 | X      |          | 47   | 48   | 55   | 58    | 44    |
| 23/08/2023 16:00 | X      |          | 47   | 48   | 55   | 58    | 44    |
| 23/08/2023 16:15 | X      |          | 46   | 49   | 54   | 58    | 44    |
| 23/08/2023 16:30 | X      |          | 46   | 47   | 54   | 59    | 43    |
| 23/08/2023 16:45 | X      |          | 45   | 48   | 53   | 59    | 43    |
| 23/08/2023 17:00 | X      |          | 45   | 48   | 53   | 60    | 43    |
| 23/08/2023 17:15 | X      |          | 45   | 47   | 53   | 60    | 43    |
| 23/08/2023 17:30 | X      |          | 45   | 47   | 53   | 60    | 43    |
| 23/08/2023 17:45 | X      |          | 46   | 47   | 53   | 60    | 44    |
| 23/08/2023 18:00 | X      |          | 46   | 48   | 53   | 59    | 45    |
| 23/08/2023 18:15 | X      |          | 47   | 48   | 54   | 58    | 46    |
| 23/08/2023 18:30 | X      |          | 47   | 48   | 55   | 58    | 46    |
| 23/08/2023 18:45 | X      |          | 47   | 49   | 55   | 59    | 46    |
| 23/08/2023 19:00 | X      |          | 48   | 49   | 56   | 59    | 47    |
| 23/08/2023 19:15 | X      |          | 48   | 50   | 56   | 58    | 47    |
| 23/08/2023 19:30 | X      |          | 48   | 50   | 56   | 58    | 47    |
| 23/08/2023 19:45 | X      |          | 47   | 50   | 56   | 59    | 46    |
| 23/08/2023 20:00 | X      |          | 47   | 50   | 55   | 59    | 46    |
| 23/08/2023 20:15 | X      |          | 49   | 51   | 57   | 59    | 46    |
| 23/08/2023 20:30 | X      |          | 49   | 51   | 57   | 58    | 45    |
| 23/08/2023 20:45 | X      |          | 50   | 52   | 58   | 58    | 45    |
| 24/08/2023 7:00  | X      |          | 50   | 52   | 58   | 58    | 45    |
| 24/08/2023 7:15  | X      |          | 50   | 52   | 58   | 59    | 45    |
| 24/08/2023 7:30  | X      |          | 49   | 55   | 57   | 59    | 45    |
| 24/08/2023 7:45  | X      |          | 49   | 55   | 57   | 58    | 46    |

| Hora (hh:mm)     | Diurno | Nocturno | Laeq | LA90 | LA10 | Lamax | Lamin |
|------------------|--------|----------|------|------|------|-------|-------|
| 24/08/2023 8:00  | X      |          | 48   | 55   | 57   | 58    | 47    |
| 24/08/2023 8:15  | X      |          | 48   | 55   | 56   | 59    | 47    |
| 24/08/2023 8:30  | X      |          | 48   | 55   | 56   | 58    | 47    |
| 24/08/2023 8:45  | X      |          | 47   | 52   | 56   | 58    | 47    |
| 24/08/2023 9:00  | X      |          | 47   | 52   | 55   | 58    | 47    |
| 24/08/2023 9:15  | X      |          | 47   | 53   | 55   | 58    | 46    |
| 23/08/2023 21:00 |        | X        | 52   | 46   | 54   | 56    | 42    |
| 23/08/2023 21:15 |        | X        | 52   | 46   | 53   | 56    | 42    |
| 23/08/2023 21:30 |        | X        | 52   | 47   | 53   | 56    | 41    |
| 23/08/2023 21:45 |        | X        | 52   | 47   | 53   | 56    | 42    |
| 23/08/2023 22:00 |        | X        | 52   | 48   | 53   | 56    | 43    |
| 23/08/2023 22:15 |        | X        | 53   | 48   | 54   | 57    | 48    |
| 23/08/2023 22:30 |        | X        | 53   | 49   | 54   | 57    | 48    |
| 23/08/2023 22:45 |        | X        | 53   | 48   | 55   | 57    | 47    |
| 23/08/2023 23:00 |        | X        | 53   | 48   | 55   | 57    | 47    |
| 23/08/2023 23:15 |        | X        | 55   | 49   | 56   | 58    | 47    |
| 23/08/2023 23:30 |        | X        | 55   | 49   | 56   | 58    | 47    |
| 23/08/2023 23:45 |        | X        | 55   | 50   | 57   | 58    | 48    |
| 24/08/2023 0:00  |        | X        | 53   | 50   | 58   | 56    | 48    |
| 24/08/2023 0:15  |        | X        | 53   | 49   | 57   | 56    | 48    |
| 24/08/2023 0:30  |        | X        | 52   | 49   | 56   | 56    | 48    |
| 24/08/2023 0:45  |        | X        | 51   | 48   | 56   | 55    | 48    |
| 24/08/2023 1:00  |        | X        | 52   | 48   | 55   | 55    | 48    |
| 24/08/2023 1:15  |        | X        | 52   | 47   | 55   | 56    | 48    |
| 24/08/2023 1:30  |        | X        | 51   | 47   | 55   | 56    | 48    |
| 24/08/2023 1:45  |        | X        | 53   | 47   | 55   | 57    | 49    |
| 24/08/2023 2:00  |        | X        | 52   | 46   | 54   | 57    | 49    |
| 24/08/2023 2:15  |        | X        | 54   | 47   | 54   | 58    | 48    |
| 24/08/2023 2:30  |        | X        | 54   | 53   | 55   | 58    | 48    |
| 24/08/2023 2:45  |        | X        | 55   | 52   | 55   | 59    | 46    |
| 24/08/2023 3:00  |        | X        | 55   | 53   | 57   | 59    | 46    |
| 24/08/2023 3:15  |        | X        | 56   | 53   | 57   | 59    | 47    |
| 24/08/2023 3:30  |        | X        | 56   | 54   | 57   | 60    | 47    |
| 24/08/2023 3:45  |        | X        | 57   | 54   | 56   | 60    | 47    |
| 24/08/2023 4:00  |        | X        | 57   | 52   | 56   | 59    | 46    |
| 24/08/2023 4:15  |        | X        | 56   | 54   | 55   | 59    | 46    |
| 24/08/2023 4:30  |        | X        | 55   | 52   | 56   | 60    | 46    |

| Hora (hh:mm)    | Diurno | Nocturno | Laeq | LA90 | LA10 | Lamax | Lamin |
|-----------------|--------|----------|------|------|------|-------|-------|
| 24/08/2023 4:45 |        | X        | 55   | 52   | 57   | 59    | 46    |
| 24/08/2023 5:00 |        | X        | 54   | 52   | 57   | 59    | 45    |
| 24/08/2023 5:15 |        | X        | 52   | 51   | 58   | 60    | 45    |
| 24/08/2023 5:30 |        | X        | 51   | 50   | 54   | 60    | 46    |
| 24/08/2023 5:45 |        | X        | 50   | 49   | 53   | 58    | 46    |
| 24/08/2023 6:00 |        | X        | 50   | 49   | 54   | 58    | 44    |
| 24/08/2023 6:15 |        | X        | 51   | 48   | 54   | 58    | 44    |
| 24/08/2023 6:30 |        | X        | 51   | 47   | 52   | 57    | 42    |
| 24/08/2023 6:45 |        | X        | 52   | 47   | 53   | 57    | 42    |

Fuente: Gruentec, Informes de laboratorio, septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### 3.1.11.5 Conclusiones

#### 3.1.11.5.1 Uso de Suelo Agrícola Residencial

Los resultados obtenidos de los muestreos diurnos y nocturnos realizados indican que los valores de todos los puntos se encuentran por debajo de los niveles máximos de emisión de ruido para FFR, establecidos en la Tabla 1 del Anexo 5 del Acuerdo Ministerial No. 097-A, TULSMA, Libro VI.

#### 3.1.11.5.2 Uso de Suelo de Protección Ecológica y Recursos Naturales del Estado

Los resultados de las 96 mediciones durante el muestreo de 24 horas en el área donde se implantará la plataforma indica un LA90 mínimo diurno de 47 dB, y un LA90 mínimo nocturno de 46 dB.

### 3.1.12 Suelos

De acuerdo con lo establecido en el A. M. 097-A, se define al suelo de la siguiente manera: “Capa superficial de la corteza terrestre situada por sobre el sustrato rocoso, integrada por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos, que cumple tanto funciones naturales como de uso”.

El análisis del componente de suelos hace referencia a los diferentes paisajes identificados en el proyecto. La caracterización de los suelos para el proyecto propuesto se hizo utilizando la información secundaria disponible.

El suelo es un cuerpo natural complejo, cuya caracterización e interpretación requiere de conocimientos y experiencias en campos diferentes en esta ciencia, por tal motivo, el análisis de este componente de la línea base se lo efectuó tomando en consideración los siguientes puntos de vista:

- > Primero, para determinar las características químicas ambientales de línea base.
- > Segundo, para conocer las características edafológicas, la taxonomía de las poblaciones de los suelos, su morfología, las características químicas y fisiográficas, su demarcación y distribución geográficas a partir de las que se deriva la capacidad de uso. También se analiza la cobertura vegetal, uso actual y los conflictos de uso.

Se obtuvo información edafológica de los estudios publicados por el Programa Nacional de Regionalización Agraria (PRONAREG). La clasificación edafológica está basada en la naturaleza de los horizontes que exhiben el perfil de suelo, especialmente en el área geográfica. La unidad del mapa de suelos está clasificada de acuerdo con los criterios edafológicos adoptados por el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos y del *Keys to Soil Taxonomy*, del 2003.

### **3.1.12.1 Caracterización Química**

#### **3.1.12.1.1 Muestreo Compuesto**

De acuerdo con el A. M. 097-A, la muestra compuesta es el conjunto de varias submuestras representativas de un área de suelo. Está formada por mezcla de alícuotas de muestras individuales tomadas a intervalos y durante un período de tiempo predeterminado. También es aquella que constituye un conjunto de muestras simples (submuestras) convenientemente mezcladas y llevadas al laboratorio para su correspondiente análisis, siendo el resultado un valor analítico medio de la propiedad o compuesto analizado. El número de submuestras dependerá de la variabilidad de la sustancia o propiedad a analizar en el área de estudio y tiene la ventaja de permitir un muestreo mayor sin aumentar el número de muestras a analizar (Ministerio del Ambiente Perú-Dirección General de Calidad, 2014).

#### Metodología

El objetivo de evaluar las características químicas de los suelos fue determinar las condiciones ambientales con que se cuenta en los diferentes sectores del área donde se implantarán las infraestructuras del proyecto. Para determinar las características químicas de los suelos es necesario contemplar:

- > Fase de campo: Los trabajos de campo fueron efectuados por el equipo técnico de Gruentec, laboratorio acreditado por el SAE. Durante la fase de campo (agosto 2023), de acuerdo con lo establecido en el A. M. 097-A, se tomó muestras compuestas formadas por 15 submuestras georreferenciadas, cada una con un peso no inferior a 0,5 kg a una profundidad entre 0 a 30 cm. Las submuestras fueron mezcladas y homogenizadas para obtener una muestra compuesta representativa del suelo con un peso de entre 0,5 y 1,0 kg, que servirá para realizar los análisis requeridos para determinar los parámetros de línea base.
- > Fase de laboratorio: Las muestras colectadas son enviadas a laboratorios acreditados por el SAE.
- > Fase de gabinete: Elaboración de informes con base en la recopilación, procesamiento y análisis de la información recopilada en campo y recibida por los laboratorios.

#### Equipos de Medición

Para llevar a cabo el muestreo de suelo para el presente proyecto no fue necesario el uso de ningún equipo de medición específico en campo.

#### Procedimiento de Campo

Para el muestreo compuesto de los suelos, los técnicos de Gruentec llevaron a cabo el siguiente procedimiento en campo:

1. División del área en cuadrantes.
2. Determinación del número de submuestras a tomar.
3. Limpieza del sitio de toma de muestra (retiro de hojas, ramas, raíces, etc.).
4. Excavación de los primeros 30 cm de profundidad.
5. Toma del número de submuestras definido.
6. Cuarteo de las muestras (consiste en reducir las muestras de suelo a cantidades menores viendo que sean representativas y lo más homogéneas posible).
7. Mezcla de todas las submuestras para formar una muestra compuesta de 1 kg aproximadamente.

Cabe señalar que este muestreo estuvo a cargo del laboratorio acreditado Gruentec (Anexo C. Documentos de Respaldo, C1. Físico, C1.2 Cadenas de Custodia).

### Puntos de Muestreo

El criterio para la ubicación de los puntos de muestreo se basó en la representatividad de las unidades fisiográficas y de los tipos de suelos del área donde se implantarán las infraestructuras el proyecto (plataforma Singue Norte). Bajo esta consideración se contemplaron dos puntos de muestreo compuesto. En la Tabla 3-41 se indican las coordenadas de ubicación y descripción respectiva de cada sitio de muestreo, de igual manera, en el Mapa 3.1-11 SUELOS (Anexo A Cartografía) se grafican los puntos visualizando la unidad fisiográfica a la que corresponde.

Página en blanco

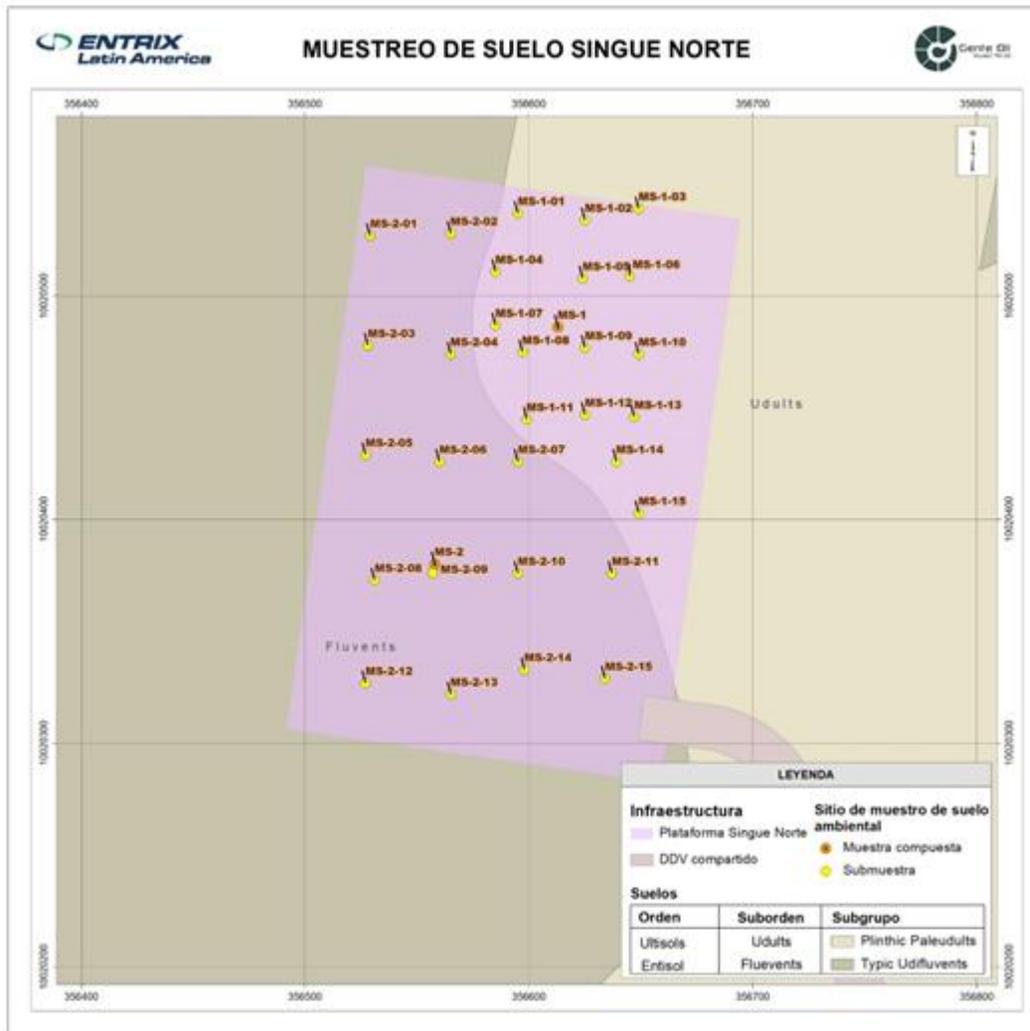
**Tabla 3-41 Ubicación de los Puntos de Muestreo Compuesto de Suelos**

| Código de la Muestra | Infraestructura Asociada | Código de la Submuestra | Coordenadas UTM WG84 Zona 18 Sur |           | Descripción del Sitio de Muestreo   | Fotografía  |
|----------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----------|---|---|
|                      |                          |                         | Este (m)                         | Norte (m) |   |   |
| MS-1                 | Plataforma Singue Norte  | MS-1-01                 | 356595                           | 10020537  | En los puntos de muestreo de difícil acceso, la muestra compuesta dentro del bosque primario se tomó a 3,3 km de la plataforma Singue B     |    |
|                      |                          | MS-1-02                 | 356625                           | 10020534  |   |   |
|                      |                          | MS-1-03                 | 356649                           | 10020539  |   |   |
|                      |                          | MS-1-04                 | 356585                           | 10020511  |   |   |
|                      |                          | MS-1-05                 | 356624                           | 10020508  |   |   |
|                      |                          | MS-1-06                 | 356645                           | 10020509  |   |   |
|                      |                          | MS-1-07                 | 356585                           | 10020487  |   |   |
|                      |                          | MS-1-08                 | 356597                           | 10020475  |   |   |
|                      |                          | MS-1-09                 | 356625                           | 10020477  |   |   |
|                      |                          | MS-1-10                 | 356649                           | 10020474  |   |   |
|                      |                          | MS-1-11                 | 356599                           | 10020445  |   |   |
|                      |                          | MS-1-12                 | 356625                           | 10020447  |   |   |
|                      |                          | MS-1-13                 | 356647                           | 10020446  |   |   |
|                      |                          | MS-1-14                 | 356639                           | 10020426  |   |   |
|                      |                          | MS-1-15                 | 356649                           | 10020403  |   |   |
| MS-2                 | Plataforma Singue Norte  | MS-2-01                 | 356529                           | 10020527  | Los puntos de muestreo fueron de difícil acceso, la muestra compuesta dentro del bosque primario se tomó a 3,3 km de la plataforma Singue B |  |
|                      |                          | MS-2-02                 | 356565                           | 10020528  |   |   |
|                      |                          | MS-2-03                 | 356528                           | 10020478  |   |   |
|                      |                          | MS-2-04                 | 356565                           | 10020474  |   |   |
|                      |                          | MS-2-05                 | 356527                           | 10020429  |   |   |
|                      |                          | MS-2-06                 | 356560                           | 10020426  |   |   |
|                      |                          | MS-2-07                 | 356595                           | 10020426  |   |   |
|                      |                          | MS-2-08                 | 356531                           | 10020373  |   |   |
|                      |                          | MS-2-09                 | 356557                           | 10020376  |   |   |

| Código de la Muestra | Infraestructura Asociada | Código de la Submuestra | Coordenadas UTM WG84 Zona 18 Sur |           | Descripción del Sitio de Muestreo | Fotografía |
|----------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----------|-----------------------------------|------------|
|                      |                          |                         | Este (m)                         | Norte (m) |                                   |            |
|                      |                          | MS-2-10                 | 356595                           | 10020376  |                                   |            |
|                      |                          | MS-2-11                 | 356637                           | 10020376  |                                   |            |
|                      |                          | MS-2-12                 | 356527                           | 10020327  |                                   |            |
|                      |                          | MS-2-13                 | 356565                           | 10020322  |                                   |            |
|                      |                          | MS-2-14                 | 356598                           | 10020333  |                                   |            |
|                      |                          | MS-2-15                 | 356634                           | 10020329  |                                   |            |

Fuente: Informes de Laboratorio Gruentec, septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

En la Figura 3-36, a manera de ejemplo, se presenta la ubicación o distribución de las submuestras tomadas que conforman las dos muestras compuestas MS-1 y MS-2. Asimismo, en dicha figura se observa la relación de la toma de submuestras con las unidades fisiográficas de suelo identificadas en esta área.



**Figura 3-36 Ubicación del Punto de Muestreo de Suelo Compuesto (MS-1 y MS-2)**

Fuente: Informes de Laboratorio Gruentec, septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### Resultados de Laboratorio

Los análisis de laboratorio se orientaron a determinar su contenido de metales pesados y parámetros orgánicos en concordancia con los Criterios de Calidad del Suelo (en adelante, CCS) establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A.

A continuación, se presenta la Tabla 3-42 con los resultados de las muestras compuestas tomadas en agosto 2023 y su análisis correspondiente.

Página en blanco

**Tabla 3-42 Resultados Químicos de las Muestras Compuestas de Suelo**

| Parámetros                                 | Unidades | Tabla 1 Anexo 2<br>A. M. 097-A* | Muestras  |           |
|--|----------|---------------------------------|-----------|-----------|
|  |          |                                 | MS-1      | MS-2      |
| Fecha de muestreo                          |          |                                 | 23/8/2023 | 23/8/2023 |
| pH   | pH       | 6 a 8                           | 4,9       | 4,8       |
| Conductividad                              | uS/cm    | 200                             | 25        | 25        |
| Metales                                    |          |                                 |           |           |
| Cromo hexavalente                          | mg/kg    | 0,4                             | < 1       | < 1       |
| Cromo hexavalente**                        | mg/kg    | 0,4                             | < 0,3     | < 0,3     |
| Arsénico                                   | mg/kg    | 12                              | 1,6       | 1,5       |
| Azufre                                     | mg/kg    | 250                             | < 500     | < 500     |
| Azufre**                                   | mg/kg    | 250                             | < 167     | < 167     |
| Bario                                      | mg/kg    | 200                             | 47        | 36        |
| Cadmio                                     | mg/kg    | 0,5                             | 0,1       | 0,1       |
| Cobalto                                    | mg/kg    | 10                              | 0,7       | 0,7       |
| Cobre                                      | mg/kg    | 25                              | 4,7       | 3,7       |
| Cromo                                      | mg/kg    | 54                              | 11        | 11        |
| Estaño                                     | mg/kg    | 5                               | < 0,5     | < 0,5     |
| Mercurio                                   | mg/kg    | 0,1                             | < 0,1     | < 0,1     |
| Molibdeno                                  | mg/kg    | 5                               | 1,6       | 1,8       |
| Níquel                                     | mg/kg    | 19                              | < 1       | < 1       |
| Plomo                                      | mg/kg    | 19                              | 7,8       | 7,3       |
| Selenio                                    | mg/kg    | 1                               | < 1       | < 1       |
| Vanadio                                    | mg/kg    | 76                              | 58        | 60        |
| Zinc                                       | mg/kg    | 60                              | 9,4       | 8,6       |
| Parámetros orgánicos en peso seco          |          |                                 |           |           |
| Hidrocarburos totales de petróleo (C8-C40) | mg/kg    | < 150                           | < 50      | < 50      |

| Parámetros   | Unidades | Tabla 1 Anexo 2<br>A. M. 097-A* | Muestras |       |
|--|----------|---------------------------------|----------|-------|
|  |          |                                 | MS-1     | MS-2  |
| Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos  | mg/kg    | 0,1                             | < 0,1    | < 0,1 |
| * Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario, Criterios de Calidad de Suelos, Tabla 1 del Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A |          |                                 |          |       |
| ** Los ensayos marcados no están dentro del alcance de acreditación del SAE  |          |                                 |          |       |
| Los valores con < indican menor que el límite de detección del laboratorio   |          |                                 |          |       |

Fuente: Informes de Laboratorio Gruentec, septiembre 2023

Elaboración: Entrix, septiembre 2023

## Análisis de Resultados

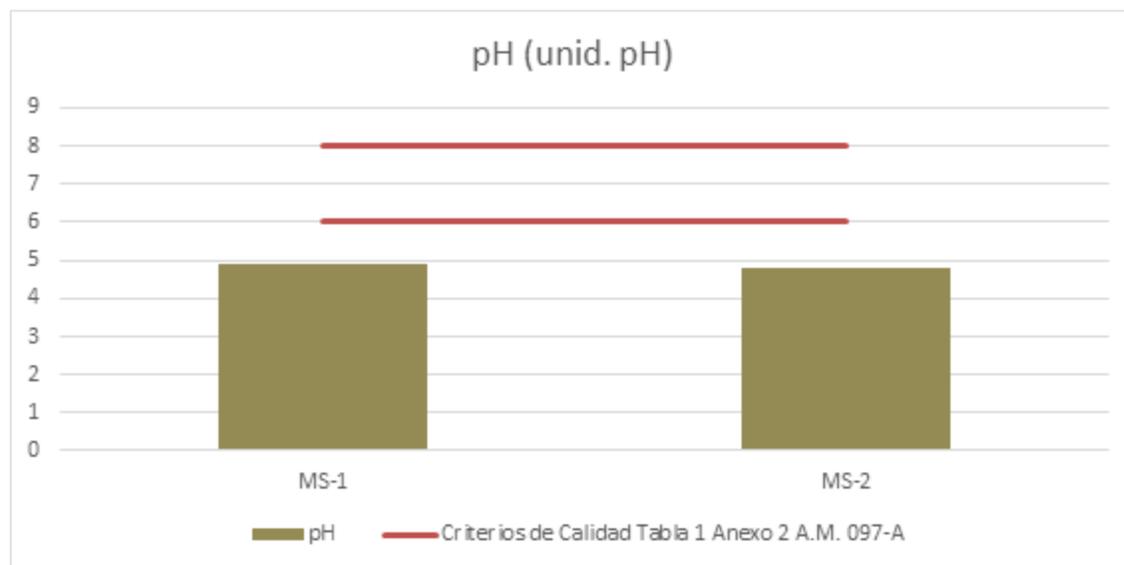
Los informes de resultados constan en el Anexo C. Documentos de Respaldos; C1 Físico; C1.5. Resultados Laboratorio, C1.5.2 Suelo. Todos los puntos de muestreo se presentan en el Anexo A. Cartografía, 3.1-11 SUELOS

Los resultados obtenidos del trabajo de campo se compararon con los criterios de calidad establecidos en la Tabla 1 “Criterios de calidad de Suelo” Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A, conforme lo estipulado en el Acuerdo Ministerial 100-A. Las muestras analizadas indican el cumplimiento en algunos de los parámetros analizados, como se puede observar en la Tabla 3-42; sin embargo, se han evidenciado parámetros que se encuentran fuera de los criterios de calidad establecidos por la legislación ambiental vigente, que se analizan a continuación:

### *pH*

La selva tropical es un ecosistema rico en materia orgánica (biomasa proveniente mayoritariamente de la vegetación), este comportamiento contribuye a que los suelos en dicha zona tiendan a ser ácidos o ligeramente ácidos, lo cual se da porque la descomposición de la biomasa libera ácidos orgánicos en el suelo, como el ácido húmico o el ácido fúlvico. La presencia de estas sustancias contribuye a mayores concentraciones de iones hidrógeno respecto a iones hidroxilo, es decir, los registros de pH en estos entornos tienden a ser inferiores a 6.

Como se puede apreciar en la Figura 3-37 y en la Tabla 3-42, las muestras compuestas de suelo MS-1 y MS-2 presentan valores por debajo del rango de calidad establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A, debido a que estas se encuentran dentro bosques de difícil acceso (Tabla 3-41), es decir, con presencia de materia orgánica en descomposición, generándose así ácidos orgánicos que definen el comportamiento del pH en el suelo, con rangos ácidos de alrededor de 4 unidades de pH.



**Figura 3-37 Análisis de Resultados de Muestra Compuesta de Calidad de Suelo (pH)**

Fuente: Informes de Laboratorio Gruentec, septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### *Cromo Hexavalente y Azufre*

Como se puede observar en la Tabla 3-42, el laboratorio encomendado para la toma y análisis de muestras compuestas de suelo presentó resultados de los parámetros cromo hexavalente y azufre en el límite de

acreditación del SAE, condición que no permite la comparación de estos datos con los criterios de calidad de suelo que indica la Tabla 1 del Anexo 2 del A. M. 097-A. En este sentido, el laboratorio ejecutó un segundo análisis en las muestras con base en ensayos, que permitieron identificar concentraciones de cromo hexavalente y azufre menores a los criterios de calidad suelo que la normativa estipula. Finalmente, y a pesar de que estos últimos ensayos de laboratorio no poseen acreditación del SAE, su utilización fue necesaria para comprender las características fisicoquímicas del suelo en estudio.

Adicional a lo anteriormente indicado, mediante carta ciudadano Nro. CIUDADANO-CIU-2023-47127 de 17 de octubre de 2023 se solicita al Servicio de Acreditación Ecuatoriana (SAE) que indique los laboratorios acreditados en dichos parámetros con un rango inferior al límite máximo permisible establecido la normativa ambiental. Al respecto, el SAE a través del oficio No. SAE-DAL-2023-0430-OF de 06 de noviembre de 2023, indica que existen laboratorios acreditados para el análisis de los parámetros azufre y cromo hexavalente pero no responde si estos laboratorios acreditan los límites de detección de la normativa (Anexo. C Documentos de Respaldo, C.1 Físico, C.1.8 Consulta SAE).

Con el fin de que los parámetros cromo hexavalente y azufre posean resultados evaluables con los criterios de calidad establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del A. M. 097 A, en el Plan de Monitoreo Ambiental se incluye la siguiente medida “Los análisis de los muestreos de agua y suelo deberán ser realizados por laboratorios acreditados en parámetros y límites de detección, que permitan identificar el cumplimiento de los criterios de calidad o límites máximos permisibles establecidos en normativa”.

### Conclusiones

- > Los resultados de los parámetros para calidad de suelo analizados en las muestras colectadas no reportaron niveles representativos respecto a los criterios de calidad establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del A. M. 097-A, a excepción del parámetro pH, que se encuentran por debajo del rango del criterio de calidad de suelo establecido en la norma ambiental, comportamiento que se debe a procesos naturales de descomposición de materia orgánica, es decir, generación de ácidos húmicos y fúlvicos a partir de degradación de material vegetal.

#### **3.1.12.1.2 Muestreo Simple**

De acuerdo con la guía para el muestreo de suelos, el muestreo simple contempla muestras colectadas en un tiempo y en un lugar particular. Este tipo de muestras representa las condiciones puntuales de una muestra en el tiempo que se colectó (Ministerio del Ambiente Perú-Dirección General de Calidad, 2014).

Para la caracterización ambiental del suelo se colectaron muestras conforme lo indicado en el artículo 4.5.1.2 del Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A, el cual indica: “Para los proyectos lineales (vialidad, sistemas de riego, conducciones de agua potable) se tomará una muestra de suelos por cada 5 km”.

### **Metodología**

Para la realización de cualquier tipo de muestreo, previamente se debe elaborar un plan que contenga la información y programación relacionada con los objetivos del muestreo. El objetivo de evaluar las características químicas de los suelos fue determinar las condiciones ambientales con que cuenta el área geográfica del proyecto, para establecer los parámetros de línea base.

Para determinar las características químicas de los suelos es necesario contemplar:

- > Fase de campo: Los trabajos de campo fueron efectuados por el equipo técnico de laboratorio Gruentec. Durante la fase de campo (agosto 2023) se tomó muestras simples en cada punto de muestreo. El objeto de estas perforaciones fue tomar muestras para realizar análisis de laboratorio (fisicoquímicos).
- > Fase de laboratorio: Las muestras colectadas son enviadas a laboratorios acreditados por el SAE.

- > Fase de gabinete: Elaboración de informes con base en la recopilación, procesamiento y análisis de la información recopilada en campo y recibida por los laboratorios.

#### Equipos de Medición

Para llevar a cabo el muestreo de suelo para el presente proyecto no fue necesario el uso de ningún equipo de medición específico en campo.

#### Procedimiento de Campo

El procedimiento en campo para el muestreo simple se lo ejecutó de la siguiente manera:

1. Se determinó el área donde se va a tomar las muestras simples con la ayuda de las coordenadas tentativas dadas en el mapa de puntos de muestreo de suelo.
2. Con ayuda de un barreno manual se realizó la toma de la muestra, cuya cantidad recolectada es de aproximadamente 1 kg.
3. Posteriormente, se marcaron las fundas ziploc donde se guardaron las muestras con la fecha, tipo de muestra, número de zona de muestras y se procedió a la recolección de las muestras.
4. Se colocó las muestras en un sitio adecuado con etiquetado y las tapas aseguradas y ajustadas.

#### Puntos de Muestreo

En la Tabla 3-43 constan las coordenadas de ubicación y descripción respectiva de cada sitio de muestreo.

Página en blanco

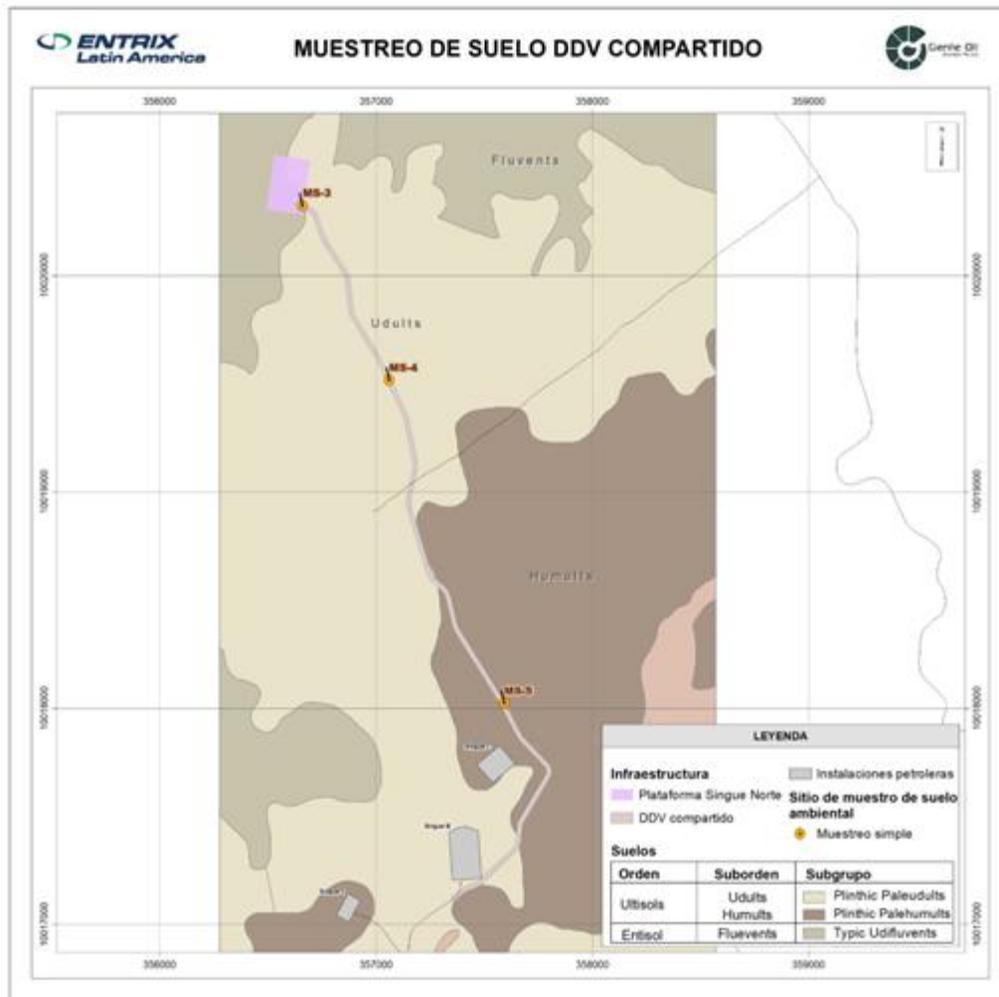
**Tabla 3-43 Ubicación de los Puntos de Muestreo Simples de Suelos**

| Código de la Muestra | Infraestructura Asociada | Coordenadas UTM WGS84 Zona 18 Sur |           | Descripción Sitio de Muestreo   | Fotografías  |
|----------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------|---|--|
|                      |                          | Este (m)                          | Norte (m) |   |  |
| MS-3                 | DDV                      | 356660                            | 10020325  | El punto de muestreo fue de difícil acceso, se encuentra a 3 km de plataforma Singue B en medio del bosque primario |   |
| MS-4                 | DDV                      | 357060                            | 10019518  | El punto de muestreo fue de difícil acceso, se encuentra a 2,3 km de plataforma Singue B dentro del bosque primario |  |

| Código de la Muestra | Infraestructura Asociada | Coordenadas UTM WGS84 Zona 18 Sur |           | Descripción Sitio de Muestreo  | Fotografías   |
|----------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------|--|---|
|                      |                          | Este (m)                          | Norte (m) |  |   |
| MS-5                 | DDV                      | 357592                            | 10018024  | El punto de muestreo fue de fácil acceso, se encuentra a 900 m al norte de la plataforma Singue B junto a un sendero usado por la comunidad. |  |

Fuente: Informes de Laboratorio Gruentec, septiembre 2023  
 Elaboración: Entrix, septiembre 2023

La ubicación de las muestras simples MS-3, MS-4 y MS-5 mencionadas en la tabla anterior se las puede observar en la Figura 3-38. En esta misma figura se observan las unidades fisiográficas presentes en el área de estudio.



**Figura 3-38 Ubicación del Punto de Muestreo de Suelo Simple**

Fuente: Informes de Laboratorio Gruentec, septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### Resultados de Laboratorio

Los análisis de laboratorio se orientaron a determinar su contenido de metales pesados y parámetros orgánicos en concordancia con los Criterios de Calidad del Suelo (en adelante, CCS) establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A.

A continuación, se presenta la Tabla 3-44 con los resultados de las muestras simples tomadas en agosto 2023 y su correspondiente análisis.

Página en blanco

**Tabla 3-44 Resultados Químicos de las Muestras Simples de Suelo**

| Parámetros                                 | Unidades | Tabla 1 Anexo 2<br>A. M. 097-A* | Muestras  |           |           |
|--|----------|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|
|  |          |                                 | MS-3      | MS-4      | MS-5      |
| Fecha de muestreo                          |          |                                 | 23/8/2023 | 23/8/2023 | 23/8/2023 |
| pH   | pH       | 6 a 8                           | 4,6       | 4,4       | 5,4       |
| Conductividad                              | uS/cm    | 200                             | 28        | 33        | 10        |
| Metales                                    |          |                                 |           |           |           |
| Cromo hexavalente                          | mg/kg    | 0,4                             | < 1       | < 1       | < 1       |
| Cromo hexavalente**                        | mg/kg    | 0,4                             | < 0,3     | < 0,3     | < 0,3     |
| Arsénico                                   | mg/kg    | 12                              | 2,2       | 1,6       | 0,7       |
| Azufre                                     | mg/kg    | 250                             | < 500     | < 500     | < 500     |
| Azufre**                                   | mg/kg    | 250                             | < 167     | < 167     | < 167     |
| Bario                                      | mg/kg    | 200                             | 35        | 13        | 28        |
| Cadmio                                     | mg/kg    | 0,5                             | < 0,1     | < 0,1     | < 0,1     |
| Cobalto                                    | mg/kg    | 10                              | 0,8       | 0,5       | 0,7       |
| Cobre                                      | mg/kg    | 25                              | 4,5       | 4,6       | 6,7       |
| Cromo                                      | mg/kg    | 54                              | 13        | 15        | 13        |
| Estaño                                     | mg/kg    | 5                               | < 0,5     | < 0,5     | < 0,5     |
| Mercurio                                   | mg/kg    | 0,1                             | < 0,1     | < 0,1     | < 0,1     |
| Molibdeno                                  | mg/kg    | 5                               | 2,2       | 2,1       | 0,7       |
| Níquel                                     | mg/kg    | 19                              | < 1       | < 1       | < 1       |
| Plomo                                      | mg/kg    | 19                              | 7,5       | 5,8       | 6,8       |
| Selenio                                    | mg/kg    | 1                               | < 1       | < 1       | < 1       |
| Vanadio                                    | mg/kg    | 76                              | 70        | 65        | 59        |
| Zinc                                       | mg/kg    | 60                              | 15        | 13        | 13        |
| Parámetros orgánicos en peso seco          |          |                                 |           |           |           |
| Hidrocarburos totales de petróleo (C8-C40) | mg/kg    | < 150                           | < 50      | < 50      | < 50      |

| Parámetros   | Unidades | Tabla 1 Anexo 2<br>A. M. 097-A* | Muestras |       |       |
|--|----------|---------------------------------|----------|-------|-------|
|  |          |                                 | MS-3     | MS-4  | MS-5  |
| Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos  | mg/kg    | 0,1                             | < 0,1    | < 0,1 | < 0,1 |
| * Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario, Criterios de Calidad de Suelos, Tabla 1 del Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A |          |                                 |          |       |       |
| ** Los ensayos marcados no están dentro del alcance de acreditación del SAE  |          |                                 |          |       |       |
| Los valores con < indican menor que el límite de detección del laboratorio   |          |                                 |          |       |       |

Fuente: Informes de Laboratorio Gruentec, septiembre 2023

Elaboración: Entrix, septiembre 2023

## Análisis de Resultados

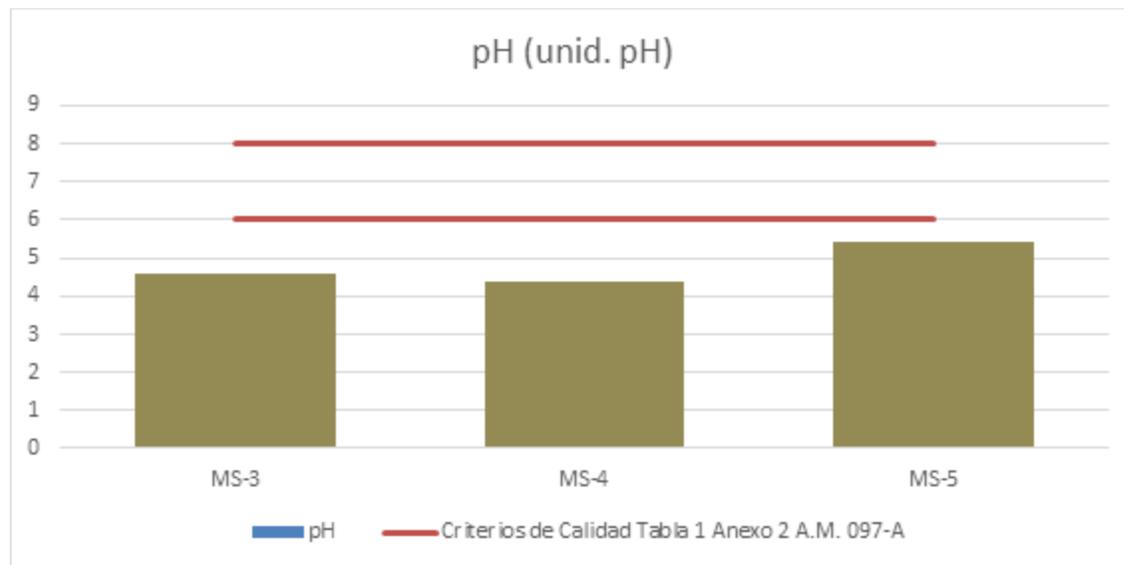
Los informes de resultados constan en el Anexo C. Documentos de Respaldo; C1. Físico; C1.5. Resultados Laboratorio, C1.5.2 Suelo. Todos los puntos de muestreo se presentan en el Anexo A. Cartografía, 3.1-11 SUELOS.

Los resultados obtenidos del trabajo de campo se compararon con los criterios de calidad establecidos en la Tabla 1 “Criterios de calidad de Suelo” Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A, conforme lo establecido en el Acuerdo Ministerial 100-A. Las muestras analizadas indican el cumplimiento en algunos de los parámetros analizados, como se puede observar en la Tabla 3-44; sin embargo, se han evidenciado parámetros que se encuentran fuera de los criterios de calidad establecidos por la legislación ambiental vigente, que se analizan a continuación:

### *pH*

La selva tropical es un ecosistema rico en materia orgánica (biomasa proveniente mayoritariamente de la vegetación), este comportamiento contribuye a que los suelos en dicha zona tiendan a ser ácidos o ligeramente ácidos, lo cual se da ya que la descomposición de la biomasa libera ácidos orgánicos en el suelo, como el ácido húmico o el ácido fúlvico; la presencia de estas sustancias contribuyen a mayores concentraciones de iones hidrógeno respecto a iones hidroxilo, es decir, los registros de pH en estos entornos tienden a ser inferiores a 6.

Como se puede apreciar en la Figura 3-39 y en la Tabla 3-44, las muestras simples de suelo MS-3, MS-4 y MS-5 presentan valores por debajo del rango de calidad establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A, debido a que las muestras MS-3 y MS-4 se encuentran dentro bosques y la muestra MS-5 en zonas con pastizales (Tabla 3-43), es decir, con presencia de materia orgánica en descomposición, generándose así ácidos orgánicos que definen el comportamiento del pH en el suelo, con rangos ácidos de alrededor de 4 y 5 unidades de pH.



**Figura 3-39 Análisis de Resultados de Muestras Simples de Calidad de Suelo (pH)**

Fuente: Informes de Laboratorio Gruentec, septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### *Cromo Hexavalente y Azufre*

Como se puede observar en la Tabla 3-44, el laboratorio encomendado para la toma y análisis de muestras simples de suelo presentó resultados de los parámetros cromo hexavalente y azufre en el límite de acreditación del SAE, condición que no permite la comparación de estos datos con los criterios de calidad de suelo que indica la Tabla 1 del Anexo 2 del A. M. 097-A. En este sentido, el laboratorio ejecutó un segundo análisis en las muestras con base en ensayos, que permitieron identificar concentraciones de cromo hexavalente y azufre menores a los criterios de calidad suelo que la normativa estipula. Finalmente, y a pesar de que estos últimos ensayos de laboratorio no poseen acreditación del SAE, su utilización fue necesaria para comprender las características fisicoquímicas del suelo en estudio.

Adicional a lo anteriormente indicado, mediante carta ciudadano Nro. CIUDADANO-CIU-2023-47127 de 17 de octubre de 2023 se solicita al Servicio de Acreditación Ecuatoriana (SAE) que indique los laboratorios acreditados en dichos parámetros con un rango inferior al límite máximo permisible establecido la normativa ambiental. Al respecto, el SAE a través del oficio No. SAE-DAL-2023-0430-OF de 06 de noviembre de 2023, indica que existen laboratorios acreditados para el análisis de los parámetros azufre y cromo hexavalente pero no responde si estos laboratorios acreditan los límites de detección de la normativa (Anexo. C Documentos de Respaldo, C.1 Físico, C.1.8 Consulta SAE).

Con el fin de que los parámetros cromo hexavalente y azufre posean resultados evaluables con los criterios de calidad establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del A. M. 097 A, en el Plan de Monitoreo Ambiental se incluye la siguiente medida “Los análisis de los muestreos de agua y suelo deberán ser realizados por laboratorios acreditados en parámetros y límites de detección, que permitan identificar el cumplimiento de los criterios de calidad o límites máximos permisibles establecidos en normativa”.

### Conclusiones

- > Los resultados de los parámetros para calidad de suelo analizados en las muestras colectadas no reportaron niveles representativos respecto a los criterios de calidad establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del A. M. 097-A, a excepción del parámetro pH, que se encuentra por debajo del rango del criterio de calidad de suelo establecido en la norma ambiental, comportamiento que se debe a procesos naturales de descomposición de materia orgánica, es decir, generación de ácidos húmicos y fúlvicos a partir de degradación de material vegetal.

### **3.1.12.2 Caracterización Edafológica**

Es importante citar que este tipo de análisis no es requerido por parte del marco legal vigente; sin embargo, se lo ha incluido como un insumo para GENTE OIL; por lo tanto, no se presenta el certificado de acreditación del laboratorio utilizado, por lo que dichos resultados son referenciales y no se utilizarán para futuros monitoreos.

#### **3.1.12.2.1 Metodología**

El análisis de este componente hace referencia a la caracterización de las diferentes unidades fisiográficas y de suelos identificados en el área del proyecto, cuyos objetivos son los siguientes:

- > Identificar y cartografiar las unidades fisiográficas y, dentro de estas, a los diferentes suelos que lo conforman.
- > Conocer las características fisicoquímicas y morfológicas de los suelos.
- > Determinar la capacidad de uso y conflictos de uso de los suelos.
- > Definir el perfil estratigráfico de los suelos.
- > Realizar ensayos de densidad de campo en estratos representativos.
- > Tomar muestras para realizar análisis de laboratorio (colectados en agosto de 2023).
- > Realizar la clasificación los suelos de acuerdo con el sistema unificado (SUCS).

La caracterización edafológica comprendió la clasificación taxonómica que se la realizó con base en lo establecido en el Soil Taxonomy, USDA, 2010.

### 3.1.12.2.2 Puntos de Muestreo

Los criterios para la ubicación de los puntos de muestreos fueron los siguientes:

- > Que sean representativos de las unidades fisiográficas y de los tipos de suelos del área según lo establecido en el Acuerdo Ministerial 097-A.
- > Que permita determinar los parámetros físicos mediante ensayos de campo y laboratorio en los diferentes perfiles del suelo.

Bajo estas consideraciones se contemplaron tres puntos de muestreo simple ubicados en el área geográfica del proyecto. En la Tabla 3-45 constan las coordenadas de ubicación y descripción respectiva de cada sitio de muestreo; de igual manera, en el Anexo A. Cartografía, 3.1-11 SUELO se grafican los puntos visualizando la unidad fisiográfica a la que corresponden.

**Tabla 3-45 Ubicación de los Puntos de Muestreo Puntual de Suelos (Edafológico)**

| Número de Muestra | ID (Calicata) | Profundidad (cm) | Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur |           | Fecha de Muestreo | Descripción del Sitio de Muestreo  | Infraestructura Asociada  |
|-------------------|---------------|------------------|--------------------------------|-----------|-------------------|--|---------------------------|
|                   |               |                  | Este (m)                       | Norte (m) |                   |  |                           |
| 1                 | MS-01-A       | 0-10             | 356608                         | 10020484  | 24/8/2023         | Área de bosque no intervenido propiedad del Sr. Ángel Fabiceles  | Plataforma Singue Norte   |
|                   | MS-01-B1      | 10-50            |                                |           |                   |  |                           |
|                   | MS-01-B2      | 50-100           |                                |           |                   |  |                           |
| 2                 | MS-02-A       | 0-10             | 356558                         | 10020380  | 24/8/2023         | Área de bosque no intervenido  | Plataforma Singue Norte   |
|                   | MS-02-B1      | 10-40            |                                |           |                   |  |                           |
|                   | MS-02-B2      | 40-80            |                                |           |                   |  |                           |
| 3                 | MS-03-A       | 0-30             | 357591                         | 10018020  | 24/8/2023         | Sitio de muestreo ubicado en la finca del Sr. Wilmer Chisag, zona colindada de pastizales de la especie dalise. Se verifica pastoreo de ganado en fincas aledañas. | DDV Singue Norte-Singue B |
|                   | MS-03-B1      | 30-60            |                                |           |                   |  |                           |
|                   | MS-03-B2      | 60-80            |                                |           |                   |  |                           |

Fuente: Entrix, Levantamiento de información en campo, agosto 2023

Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### 3.1.12.2.3 Análisis de Resultados

Se registró para cada uno de los sitios de muestreo la hora durante la medición (Anexo C. Documentos de Respaldo, C.1.Físico, C.1.6. Hojas de Campo).

Los análisis agronómicos se realizaron en el laboratorio Agrobiolab, y los resultados se detallan en el Informe de análisis agronómicos de suelos (Anexo C. Documentos de Respaldo, C1. Físico, C1.5 Resultados Laboratorio, C1.5.2 Suelo). A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

Página en blanco

**Tabla 3-46 Ubicación de los Puntos de Muestreo Puntual de Suelos (Edafológico)**

| Código | Ubicación               | Horizonte | Prof. (cm) | pH | C.E. (mmhos/cm) | MO (%) | NH4 (ppm) | P (ppm) | K (ppm) | Na (Meq/100 ml) | Ca (Meq/100 ml) | Mg (Meq/100 ml) | Textura                    |
|--------|-------------------------|-----------|------------|----|-----------------|--------|-----------|---------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------------|
| MS-01  | Plataforma Singue Norte | A         | 0-10       | 4  | 0,46            | 1,88   | 78,1      | 5       | 0,12    | 0,03            | 1,24            | 0,79            | Arcilloso                  |
|        |                         | B1        | oct-50     | 5  | 0,07            | 1,28   | 66,2      | 6,5     | 0,06    | 0,02            | 1,27            | 0,66            | Arcilloso                  |
|        |                         | B2        | 50-100     | 5  | 0,12            | 1,35   | 40,7      | 4,7     | 0,07    | 0,03            | 1,06            | 0,56            | Arcilloso                  |
| MS-02  | Plataforma Singue Norte | A         | 0-10       | 4  | 0,44            | 7,55   | 100,6     | 7,3     | 0,11    | 0,03            | 1,11            | 0,75            | Arcilloso franco-arcilloso |
|        |                         | B1        | oct-40     | 5  | 0,06            | 0,92   | 48,2      | 4,6     | 0,03    | 0,02            | 0,81            | 0,49            | Arcilloso                  |
|        |                         | B2        | 40-80      | 5  | 0,08            | 0,11   | 30,2      | 3,2     | 0,06    | 0,02            | 0,93            | 0,49            | Arcilloso                  |
| MS-03  | DDV línea de flujo      | A         | 0-30       | 5  | 0,15            | 5,94   | 133,5     | 4       | 0,09    | 0,04            | 3,45            | 1,25            | Arcilloso                  |
|        |                         | B1        | 30-60      | 5  | 0,06            | 0,88   | 63,2      | 5,8     | 0,11    | 0,04            | 2,04            | 0,77            | Arcilloso                  |
|        |                         | B2        | 60-80      | 5  | 0,07            | 0,65   | 61,7      | 2,5     | 0,06    | 0,05            | 1,17            | 0,71            | Arcilloso                  |

Fuente: Resultados de Laboratorio Agrobiolab, 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

Página en blanco

Los valores de pH se reportan en un rango que se clasifica como ácido (Marín García, 2003). Los valores de conductibilidad son bajos, por lo que se puede considerar que los suelos no son salinos. La materia orgánica es clave para tener un suelo fértil y productivo. En este sentido, los resultados reportados son bajos en general.

Con respecto al fósforo, los resultados reportados reflejan suelos pobres y la concentración de nitrógeno de estos macronutrientes según la clasificación de Urbano Terrón (1995); sin embargo, el potasio que también constituye un macronutriente de importancia para la fertilidad del suelo reporta resultados que evidencian suelos muy pobres con respecto a su fertilidad.

### 3.1.12.2.4 Tipos de Suelo

Las unidades geomorfológicas definidas en la sección de geomorfología (Sección 3.1.4) se encuentran asociadas edafológicamente con sus suelos, que por lo general son homogéneos dentro de esta área. Fisiográficamente, se ha identificado las siguientes unidades de suelos: de Colinas muy bajas a medias (C1, C2), Valles fluviales y Valles indiferenciados (Vf), que a continuación se describen:

#### Suelos de Colinas Muy Bajas a Medias (C1, C2)

Suelos formados en un ambiente de disección y erosión, distribuidos en altitudes sobre el nivel del mar de hasta los 280 m, en clima húmedo tropical y régimen de humedad del suelo isohipertérmico údico.

Los suelos se han formado de materiales parentales finos, en relieves colinados y socavados con pendientes menores al 15 %, formados de colinas muy bajas a medias de cimas redondeadas, con un desnivel relativo dominante entre 5 y 50 m. Ocupan el 80,25 % del área estudiada geográfica.

Los suelos que identifican a esta forma de relieve se indican en la siguiente tabla.

**Tabla 3-47 Suelos de Colinas (C1, C2)**

| Orden     | Suborden | Subgrupo             |
|-----------|----------|----------------------|
| Ultisoles | Humults  | Plinthic Palehumults |
|           |          | Typic Palehumults    |
|           | Udults   | Plinthic Paleudults  |

Fuente: Adaptado de UNIDAD MAGAP-PRAT, SIGTIERRAS, Geopedalogía de los Cantones Putumayo y Lago Agrio 2015  
Elaborado por: Entrix, septiembre 2023

En el sector noreste, donde se proyecta implantar el área operativa de la plataforma Singue Norte (perfil MS-1), se identificó un suelo Plinthic Paleudults, con las siguientes características:

Suelos de pobre desarrollo patogenético, donde uno de los procesos de formación es la ferrilitización de los materiales arcillosos. El perfil modal incluye una secuencia de horizontes A/Bw/C; en la superficie se observa una capa delgada de hojarasca color castaño en húmedo (2.5 YR 4/6) de más o menos 10 cm de espesor en proceso de descomposición, textura arcillosa; bajo esta capa se encuentra el horizonte de color rojizo (2.5 R 5/8) BW1 de 40 cm de espesor, horizonte argílico y subyacen horizontes color marrón rojizo (5 YR 5/4) BW2 de 50 cm de espesor; estos últimos horizontes de textura arcillosa, estructura granular a bloques irregulares en el horizonte superficial y en bloques subangulares en los subyacentes; de consistencia firme a muy firme en húmedo, en húmedo es adherente y es ligeramente plástica en los horizontes superficiales a muy plástica en los estratos inferiores.

Los suelos de este perfil son de reacción ácida (pH 4,20 a 5,00); los contenidos de materia orgánica, potasio, fósforo y calcio son bajos a lo largo de todo el perfil; el nitrógeno es alto a medio; el contenido de magnesio es alto; el hierro es elevado; la capacidad de intercambio catiónica es media en todo el perfil; la saturación de bases es elevada en todo el perfil; y, la saturación de aluminio es alta en todo el perfil.

En el kilómetro 1+100 del derecho de vía de la línea de flujo Singue Norte-Singue B (perfil MS-3) se identificó un suelo Plinthic Palehumults, con las siguientes características:

El perfil modal incluye una secuencia de horizontes A/Bw/C; en la superficie se observa una capa delgada de hojarasca color castaño oscuro en húmedo (7.5 YR 3/3) de más o menos 30 cm de espesor en proceso de descomposición y textura arcillosa; bajo esta capa se encuentra el horizonte de color castaño fuerte (7.5 R 5/8) BW1 de 30 cm de espesor, horizonte argílico y subyacen horizontes color marrón rojizo (5 YR 5/4) BW2 de 50 cm de espesor; estos últimos horizontes de textura arcillosa, estructura granular a bloques irregulares en el horizonte superficial y en bloques subangulares en los subyacentes; de consistencia firme a muy firme en húmedo, en húmedo es adherente y es ligeramente plástica en los horizontes superficiales a muy plástica en los estratos inferiores.

Los suelos de este perfil son de reacción ácida (pH 5,10 a 5,30); los contenidos de materia orgánica, potasio, fósforo y calcio son bajos a lo largo de todo el perfil; el nitrógeno es alto a medio; el contenido de magnesio es alto a suficiente; el hierro es elevado; la capacidad de intercambio catiónica es medio en todo el perfil; la saturación de bases es elevada en todo el perfil; y, la saturación de aluminio es alta en todo el perfil.

### Suelos de Valle Fluvial, Llanura de Inundación (Vf)

Se distribuyen en áreas junto a los ríos Singue y Sansahuari, desarrollados en ambientes de relieve plano a ondulado suave, pendientes inferiores al 5 %, con suelos formados a partir de materiales aluviales recientes, de texturas variables. Corresponde al 19,75 % del área evaluada.

Los suelos que representan a esta unidad se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 3-48 Suelos de Llanura de Inundación (Vf)**

| Orden        | Suborden | Subgrupo             |
|--------------|----------|----------------------|
| Inceptisoles | Udepts   | Oxyaquic Dystrudepts |
| Entisoles    | Fluvents | Typic Udifluvents    |

Fuente: Adaptado de UNIDAD MAGAP-PRAT, SIGTIERRAS, Geopedalogía de los Cantones Putumayo y Lago Agrio 2015  
Elaborado por: Entrix, septiembre 2023

El miembro taxonómico corresponde al orden de los Entisoles, subgrupo Typic Udifluvents, descrito en el área operativa de la plataforma Singue Norte, perfil MS-02; morfológicamente, presentan perfiles relativamente profundos; incluyen una secuencia de horizontes Ap/B1/B2/C, con un de espesor 10 cm en el Ap (epidión ócrico), 30 cm en B1 (epidión cámbico) y 40 cm en B2; de matices gris oscuro (10 YR 2/1) en la superficie y castaño grisáceo (10 YR 4/2) y castaño amarillento (10 YR 5/6) más abajo; textura arcillosa franco-arcillosa en Ap y arcillosa en los horizontes inferiores; estructura granular fina a bloques subangulares finos a medios; friables a firmes en húmedo; ligeramente adherente; plástico en mojado.

Químicamente, se caracterizan por presentar reacción ácida en la superficie (pH 4,20) a ácida (pH 5,00) en profundidad; la materia orgánica es alta a baja; el calcio presenta valores bajos; el fósforo es bajo; nitrógeno es alto a suficiente; el magnesio es alto a suficiente; conductividad eléctrica es baja, el hierro elevado; la capacidad de intercambio medio; la saturación de bases es alta.

### 3.1.12.2.5 Cobertura Vegetal

La cobertura vegetal puede ser definida como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomásas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales (Definición, 2019).

Según la información secundaria recopilada y la información levantada durante la fase de campo, se concluye que la vegetación del área geográfica del proyecto está conformada por: Bosque nativo, Vegetación arbustiva, Cultivos, Pastizales y Erial.

A continuación, se detalla el tipo de cobertura vegetal existente en el área geográfica de estudio. Es importante indicar que en la sección 3.2 Línea Base Biótica, se describe en mayor detalle (Anexo A. Cartografía, 3.1-13 COBERTURA).

### **Bosque Nativo**

El bosque nativo puede ser clasificado en tres tipos:

Este bosque húmedo poco alterado, que contiene especies vegetales en máxima madurez alcanzando alturas y diámetros a la altura del pecho (DAP) representativos. La cobertura vegetal es cerrada con vegetación de todos los estratos presentes y alta diversidad de especies. El dosel presenta un estrato de árboles de 10 a 18 m; entre las especies representativas están: *Guatteria citriodora*, *Swartzia multijuga*, *Virola elongata* y *Ocotea oblonga*.

Por otro lado, existe un bosque húmedo medianamente alterado que exhibe una vegetación abierta, principalmente por causas antrópicas. Se encuentra cerca de casas y campos. Se caracteriza por presentar especies pioneras en diversas etapas de regeneración natural que lograron sobrevivir luego de que los bosques naturales fueran degradados por intervención humana o fenómenos naturales. Tiene claros y está cubierto de vegetación que varía desde semicerrada hasta abierta (Graziati, 2023). Lo mismo ocurre con cada una de las áreas a intervenir del bloque Singue. Presenta vegetación arbórea de densidad media que es el resultado de la regeneración de especies forestales que han sido seleccionadas y taladas por miembros de la comunidad que viven cerca del sitio de la plataforma propuesta. Los bosques secundarios se consideran bosques al lado de los principales caminos de acceso, plataformas y caminos nuevos. Estos espacios abiertos destacan principalmente por la falta de una cobertura continua, ya que suelen estar habitados por especies pioneras de distintas familias como: *Guarea guidonia*, *Inga auristellae*, *Tapirira guianensis*, *Piper augustum*.

Finalmente se halló moretales, que son bosques inundados y están dominados por especies tolerantes a las inundaciones, donde se destacan individuos en todos los estadios de la palma *Mauritia flexuosa*.

### **Vegetación Arbustiva**

La vegetación arbustiva se distingue del bosque como ecosistemas con una cobertura forestal de árboles inferior a un cierto umbral, que varía de una región a otra. La mayoría de las especies pertenece a las familias Asteraceae y Melastomataceae, con especies pioneras que no logran desarrollarse a alturas mayores a los dos metros.

### **Cultivos**

Se trata de áreas abiertas donde las comunidades han reemplazado los bosques naturales con plantaciones nativas comerciales. En particular, en el área geográfica se cultivan *Theobroma cacao* (cacao), *Inga edulis* (guaba), *Citrus médica* (limón) *Ochroma pyramidale* (balsa) y *Coffea arabica* (café) y otras especies de plantas nativas, ya sea para consumo o venta.

### **Pastizales**

Un pastizal es un ecosistema en el que la cobertura arbórea, que varía de una región a otra, está por debajo de un cierto umbral, a diferencia de un bosque (Robert & Brown, 2004). Los pastizales son zonas cubiertas de especies herbáceas introducidas por el hombre para el desarrollo de actividades agrícolas; formados de *Eryngium foetidum* (cilantro de monte), *Gynerium sagittatum* (Poaceae), *Cyperus luzulae* (Cyperaceae), *Commelina difusa* (canutillo) y *Borreria remota*. Estas especies crecen en tierras despejadas

para el ganado y los cultivos. En los pastizales también se puede observar árboles solitarios y palmeras como: *Inga edulis* (Fabaceae) y *Tapirira guianensis* (cedrillo).

### Erial

Representado por áreas en las cuales no se cultiva ni se labra, especialmente cuando son zonas abandonadas donde se desarrolla vegetación espontánea.

#### 3.1.12.2.6 Conflictos de Uso

Cuando el equilibrio natural de los suelos no se ve perturbado, los procesos geodinámicos se desarrollan a un ritmo normal; pero cuando este se altera, el equilibrio se rompe produciendo efectos negativos al recurso suelo, como: erosión, degradación, pérdida de fertilidad, etc.

La sobreposición de la cartografía de Capacidad de Uso con la de Cobertura Vegetal y Uso Actual permite por medio de la matriz de interpretación delimitar áreas de tierras que están en Uso Correcto, en Uso Factible o en Uso Incorrecto (Anexo A. Cartografía, 3.1-14 CONFLICTOS).

**Tabla 3-49 Matriz de Interpretación del Conflicto de Uso del Suelo**

| Cobertura Vegetal<br>Capacidad de Uso | Bosque Nativo | Vegetación Arbustiva | Cultivo           | Pastizal   | Erial     |
|---------------------------------------|---------------|----------------------|-------------------|------------|-----------|
| V                                     | Correcto      | Correcto             | Factible-correcto | Incorrecto | No aplica |
| VIII                                  | Correcto      | Correcto             | Incorrecto        | Incorrecto | No aplica |

Fuente y Elaboración: Entrix, septiembre 2023

En el área de estudio se ha identificado las siguientes categorías:

#### Uso Correcto (C)

Se determina cuando el uso actual coincide con la aptitud de la tierra propuesta, por lo tanto, no se observan procesos que tiendan a degradar los suelos; sin embargo, cuando estas tierras estén bajo actividades agropecuarias requerirán prácticas de manejo.

Esta categoría está asociada a la categoría de Uso Factible (UF), normalmente en los paisajes de zonas de montañas, de pendientes moderadas, donde la capacidad del uso del suelo lo hace apropiado para mantener la vegetación natural.

#### Uso Factible (UF)

Corresponde a áreas en las cuales sus tierras están siendo utilizadas con menor intensidad que su aptitud, por lo tanto, pueden soportar un uso mayor.

La utilización más intensa de la tierra demandará tomar medidas de manejo técnico y socialmente adecuadas para evitar que se presenten conflictos.

#### Uso Incorrecto (I)

Corresponde a las clases de uso actual, en las que la aptitud de la tierra está siendo aprovechada en forma más intensiva que la que puede soportar, por lo que los procesos de deterioro se van a presentar reflejándose en el empobrecimiento de la tierra y, por ende, la baja producción y posterior abandono de estos suelos. Esta categoría de uso está asociada a la de Factible (UF), hacia las laderas muy abruptas de las montañas.

### 3.1.12.2.7 Capacidad de Uso

La cartografía temática sobre las aptitudes agrícolas o capacidad de uso de la tierra es un ordenamiento sistemático de carácter práctico e interpretativo, fundamentado en la aptitud natural que presenta la tierra para producir constantemente bajo tratamiento continuo y usos específicos.

El sistema de clasificación utilizado está basado en las normas y principios del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos o llamado de las Ocho Clases, con adecuaciones a las condiciones existentes en el área de estudio.

El sistema básico de agrupación comprende los siguientes niveles o categorías:

- > Grupos de capacidad
- > Clases de capacidad
- > Subclases de capacidad

Con el análisis, evaluación y correlación de factores, tales como: profundidad efectiva del suelo, pendiente del terreno, pedregosidad, riesgos de erosión, características químicas y clima, se logra obtener la información necesaria para la elaboración de la cartografía de Capacidad de Uso.

Los grupos de capacidad son cuatro: a) Tierras apropiadas para cultivos y otros usos; b) Tierras apropiadas para cultivos permanentes, pastos y aprovechamiento forestal; c) Tierras marginales para uso agropecuario, aptas generalmente para uso forestal con fines de protección; y d) Tierras no apropiadas para fines agropecuarios ni explotación forestal.

Las clases de capacidad son categorías menores de los grupos de capacidad y se diferencian unas de otras por el grado de limitaciones o riesgos.

- > En el primer grupo de capacidad se incluye a cuatro clases de capacidad, que van de la clase I a la IV, diferenciándose por el incremento de las limitaciones,
- > El segundo grupo está integrado por las clases V y VI,
- > El tercer grupo consta de solo la clase VII, y,
- > El cuarto grupo consta solo de la clase VIII, y presenta severas limitaciones que impiden el aprovechamiento agropecuario y forestal.

Las clases de capacidad comprenden, a su vez, subclases, las cuales están determinadas de acuerdo con la naturaleza de las limitaciones y en función de los siguientes factores:

- > Condición del suelo: profundidad efectiva (s1), textura, (s2), pedregosidad (s3), fertilidad (s4), salinidad (s5) y toxicidad (s6).
- > Riesgos de erosión: condiciones topográficas ligero (e1), moderado (e2), alto (e3),
- > Humedad del suelo: drenaje (h1) inundación (h2) y
- > Clima: isohipertérmicos (c1), isotérmic (c2).

La evaluación de las características morfológicas, químicas y de clima de los suelos se analiza comparativamente con la pendiente del terreno (rangos de pendiente), que juega un papel importante debido a que se usa para establecer los límites de las clases.

En el área de estudio se ha identificado los siguientes grupos, clases y subclases de capacidad (Anexo A. Cartografía, Mapa 3.1-12 CAPACIDAD).

## **Tierras para Usos Especiales con Limitaciones Fuertes a Muy Fuertes**

### Clase V

Clase de tierras que tienen limitaciones severas y continuas que no pueden corregirse fácilmente, son suelos moderadamente profundos, baja fertilidad y texturas generalmente finas, con alto escurrimiento de agua y peligros de erosión cuando son intervenidos inadecuadamente. Las áreas operativas del proyecto se localizan en esta clase.

El suelo, la pendiente, la baja fertilidad y el clima lluvioso impiden el normal desarrollo de cultivos anuales; permiten, con muchas limitaciones, el establecimiento de cultivos permanentes de carácter arbóreo o arbustivo que otorguen protección al suelo en sistemas mixtos (agroforestales).

Las subclases corresponden a: Vs1s2s4s6c1, Ve2s1s2s4s6c1 y Vs1s2s4s6h1c1, por limitaciones de suelos y peligros de erosión.

## **Tierras con Muy Severas Limitaciones para Cualquier Uso (conservación)**

### Clase VIII

Algunas áreas de colinas medias con grandes limitaciones de uso como consecuencia de las deficiencias relacionadas con las características de los suelos, como: su textura superficial es arcillosa, no presentan pedregosidad y la fertilidad varía de muy baja a baja; se trata de suelos no salinos y con alta acidez de aluminio e hidrógeno intercambiable, aunque en algunos casos no se presenta toxicidad, con deficiente drenaje.

Tierras no apropiadas para uso agropecuario; se presentan favorables para uso forestal con fines de protección.

La subclase identificada es la VIIIe2, s1, s2, s4, s6, c1 por limitaciones de erosión, suelos y deficiente drenaje.

### **3.1.12.2.8 Conclusiones**

- > Los suelos predominantes en el sector son los del orden de los Ultisoles, correspondiente a suelos jóvenes con un débil grado de desarrollo del perfil pedogenético, que se distribuyen en la mayoría de unidades ambientales caracterizados por su escaso espesor, menor de los 50 cm, de textura arcillosa, de reacción ligeramente ácida y que presentan bajo contenido de micronutrientes y de materia orgánica, fósforo, potasio y baja capacidad de intercambio catiónico.
- > El régimen de temperatura al que están los suelos es isohipertérmico e indica temperaturas > 22 °C, entre los 50 y 100 cm de profundidad durante todo el año (adaptado FAO, 2009). El régimen de humedad es perúdic.
- > Desde la capacidad de uso de estos suelos hay un predominio de la clase V, Tierras para usos especiales con limitaciones fuertes a muy fuertes debido a las deficiencias de suelo, como su baja fertilidad y su alta susceptibilidad a la erosión.
- > Respecto al uso del suelo, hay un predominio de vegetación natural poco intervenida, seguido por la vegetación herbácea-arbustiva; el uso en cultivos es poco significativo.
- > Por las condiciones de características edafológicas de los suelos, su capacidad de uso y su cubierta vegetal, hay un predominio de uso correcto a factible-correcto de este recurso en la actualidad.

### 3.1.13 Calidad del Aire

La línea base desde el punto de vista de calidad de aire denota el estado de un sistema alterado en un momento en particular antes de un cambio posterior. Se define también como las condiciones en el momento de la investigación dentro de un área que puede estar influenciada por actividades humanas.

El monitoreo de calidad del aire fue realizado por el laboratorio Gruentec acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) (Anexo C. Documentos de Respaldo, C1. Físico, C1.3 Acreditación Laboratorio).

#### 3.1.13.1 **Metodología**

La metodología que se aplicó para realizar la medición de calidad de aire se basa en lo establecido en la normativa ambiental vigente, específicamente lo correspondiente al Anexo 4 “Norma de Calidad del Aire Ambiente o nivel de Inmisión” que detalla los equipos, métodos y procedimientos requeridos para este tipo de medición.

Los procedimientos y referencias utilizados en la medición son los siguientes:

- > Método interno laboratorio Gruentec para Monitoreo de Calidad de Aire Ambiente MM-AIR-02, acorde al manual EPA: *Quality Assurance, Handbook for Air Pollution Measurement Systems Volume II* Mayo, 2013.
- > Norma de Calidad del Aire Ambiente o Nivel de Inmisión, Anexo 4, Acuerdo Ministerial 097-A, Registro Oficial No. 387, publicado el 4 de noviembre de 2015.

El tiempo de medición total fue de 24 horas para los parámetros Material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>), SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>, mientras que el tiempo de medición de partículas sedimentables corresponde a 30 días, cuyo detalle se presenta a continuación:

**Tabla 3-50 Detalle de Parámetros de Medición, Horas de Monitoreo y Límites Permisibles según el Anexo 4, Acuerdo Ministerial 097-A**

| <b>Parámetros de Medición y Horas de Monitoreo Normativa Ambiental</b>  | <b>Límite Permissible, Anexo 4 Acuerdo Ministerial 097 A, Acuerdo Ministerial 061 (sustitutivo del libro VI), TULSMA</b> |
|---|--|
| Material particulado menor a 10 micrones (PM10): promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas.  | 100 µg/m <sup>3</sup>  |
| Material particulado menor a 2,5 micrones (PM2,5): promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas.  | 50 µg/m <sup>3</sup>   |
| Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ): medición durante 24 horas.  | 125 µg/m <sup>3</sup>  |
| Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ): valor en un periodo de diez minutos   | 500 µg/m <sup>3</sup>  |
| Monóxido de carbono (CO): promedio de la medición continua durante ocho horas.  | 10 000 µg/m <sup>3</sup>   |
| Monóxido de carbono (CO): máxima concentración de la medición durante una hora.   | 30 000 µg/m <sup>3</sup>   |
| Ozono (O <sub>3</sub> ): máxima concentración de la medición continua en un periodo de ocho horas.  | 100 µg/m <sup>3</sup>  |
| Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ): máxima concentración en una hora de medición continua.   | 200 µg/m <sup>3</sup>  |
| Partículas sedimentables: La máxima concentración de una muestra, colectada durante 30 días de forma continua será de un miligramo por centímetro cuadrado (1 mg/cm <sup>2</sup> x 30 días) | 1,0 mg/cm <sup>2</sup> x 30 días   |

Fuente: Anexo 4, Acuerdo Ministerial 097-A  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### 3.1.13.1.1 Equipos Utilizados

**Tabla 3-51 Equipos utilizados para el monitoreo de calidad del aire**

| Equipo   | Parámetro                | Técnica de Análisis          | Método                | Límite de Cuantificación |
|----------|--------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| ANCO-002 | Monóxido de carbono      | Absorción IR                 | US EPA RFCA-1093-093  | 0,1 ppm                  |
| ANOX-002 | Dióxido de nitrógeno     | Quimioluminiscencia          | US EPA RFNA-1194-099  | 0,05 ppm                 |
|          | Óxidos de nitrógeno      | Quimioluminiscencia          | US EPA RFNA-1194-099  | 0,05 ppm                 |
|          | Ozono                    | Absorción UV                 | US EPA EQOA-0514-214  | 0,05 ppm                 |
| ANSO-002 | Dióxido de azufre        | Fluorescencia UV             | US EPA EQSA-0495-0100 | 0,055 ppm                |
| ANMP-002 | Material particulado 2.5 | Atenuación de radiación beta | US EPA EQPM-0912-204  | 5 µg/m3                  |
|          | Material particulado 10  | Atenuación de radiación beta | US EPA EQPM-0912-205  | 5 µg/m3                  |

Fuente: Resultados de Laboratorio Gruentec, septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### 3.1.13.2 Puntos de Monitoreo Periódicos

GENTE OIL, como parte de su plan de monitoreo de calidad de aire, desde el 2014 ha ejecutado varios monitoreos de calidad del aire conforme a la periodicidad establecida por la normativa ambiental respectiva y Planes de Manejo Ambiental aprobados por la Autoridad Ambiental. En la Tabla 3-52 se detalla la ubicación de los puntos de monitoreo periódicos, datos obtenidos del Informe de 'Monitoreo Ambiental del Segundo Semestre del Bloque 53-Singue del 2022' (Anexo A, Cartografía, 3.1-17 RUIDO y 3.1-18 AIRE).

**Tabla 3-52 Ubicación de los Puntos de Monitoreo Periódicos de Calidad de Aire**

| Id | Coordenadas UTM WGS84 Zona 18 Sur |           | Descripción del Área              | Fuente   |
|----|-----------------------------------|-----------|-----------------------------------|--|
|    | Este (m)                          | Norte (m) |                                   |  |
| A1 | 359260                            | 10015653  | Destacamento Militar "Sansahuari" | Informe de Monitoreo Ambiental Bloque 53-Singue, Segundo Semestre 2022 |

Fuente: GENTE OIL, septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

Cabe recalcar que los monitoreos ejecutados por GENTE OIL responden al cumplimiento de las responsabilidades adquiridas bajo los Permisos Administrativos Ambientales que ostenta.

### 3.1.13.3 Puntos de Monitoreo Definidos para el Proyecto Singue Norte

Los puntos de monitoreo se ubican cerca al área de implantación. En la Tabla 3-53 se detalla la ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de aire para el área geográfica del proyecto (Anexo A, Cartografía, Mapa 3.1-18 AIRE).

**Tabla 3-53 Ubicación de los Puntos de Monitoreo de Calidad de Aire**

| Id   | Infraestructura Asociada | Coordenadas (WGS84 Zona 18 Sur) |           | Fecha      | Descripción del Área   |
|------|--------------------------|---------------------------------|-----------|------------|--|
|      |                          | Este (m)                        | Norte (m) |            |  |
| PA-1 | No Aplica                | 359290                          | 10019014  | 23/08/2023 | Punto de monitoreo ubicado frente a la casa comunal de la comunidad Voluntad de Dios. Zona rural con abundante |

| Id  | Infraestructura Asociada | Coordenadas (WGS84 Zona 18 Sur) |           | Fecha      | Descripción del Área  |
|-----|--------------------------|---------------------------------|-----------|------------|---|
|     |                          | Este (m)                        | Norte (m) |            |   |
|     |                          |                                 |           |            | vegetación. Las coordenadas levantadas en campo difieren de las coordenadas iniciales por temas de accesibilidad. |
| CA2 | Singue A                 | 356876                          | 10017096  | 01/12/2022 | Estación Singue A   |

Fuente: Informes de Laboratorio Gruentec, septiembre 2023, Informes de Laboratorio ALS Ecuador diciembre 2022  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

Por inaccesibilidad a las áreas donde se proyecta la implantación de la plataforma, no fue posible tomar un punto de calidad del aire cercano a las instalaciones proyectadas; sin embargo, se tomó el punto PA-1 (fuera del área geográfica) el cual se ubica cerca de la comunidad Voluntad de Dios, correspondiendo este centro poblado como un receptor sensible de fácil acceso para la medición de calidad del aire.

Los puntos de monitoreo se ubican cerca al área de implantación. En la Tabla 3-53 se detalla la ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de aire (Anexo A, Cartografía, 3.1-18 AIRE).

### 3.1.13.4 Resultados de Laboratorio

En la Tabla 3-54 se presenta el resumen de los valores obtenidos en los puntos de monitoreo actual para el presente proyecto (Anexo C. Documentos de Respaldo, C1 Físico, C1.5 Resultados de laboratorio, C1.5.3 Calidad del Aire).

**Tabla 3-54 Resultados de Monitoreo Actual de Calidad de Aire**

| Parámetros  | Tipo                                       | Unidad               | Límites Máximos Permisibles*   | CA2        | PA-1       |
|---|--|----------------------|--------------------------------|------------|------------|
|   |  |                      | Fecha                          | 01/12/2022 | 23/08/2023 |
| CO  | 8 horas                                    | (ug/m <sup>3</sup> ) | 10 000                         | 1202,65    | 552        |
|   | 10 min durante hora                        | (ug/m <sup>3</sup> ) | 30 000                         | 1534,47    | 918        |
| NO  | Promedio a 24 horas                        | (ug/m <sup>3</sup> ) | N/A                            | 546,28     | <94        |
| NO <sub>2</sub>   | Máxima concentración en 1 hora de medición | (ug/m <sup>3</sup> ) | 200                            | 9,16       | <94        |
| SO <sub>2</sub>   | Durante 24 horas                           | (ug/m <sup>3</sup> ) | 125                            | 20,26      | <125       |
| O <sub>3</sub>  | Máxima concentración en 8 horas            | (ug/m <sup>3</sup> ) | 100                            | 4,35       | <98        |
| PM10  | Promedio aritmético en 24 horas            | (ug/m <sup>3</sup> ) | 100                            | 1,29       | 21         |
| PM2,5   | Promedio aritmético en 24 horas            | (ug/m <sup>3</sup> ) | 50                             | 0,48       | 11         |
| Partículas Sedimentables  | Máxima Concentración en 30 días            | (mg/m <sup>2</sup> ) | 1 mg/cm <sup>2</sup> x 30 días | < 0,328    | 0,2        |
| * Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario, artículo 4.1.2.1 del Anexo 4 del Acuerdo Ministerial 097-A |  |                      |                                |            |            |
| Los valores con < indican menor que el límite de detección del laboratorio  |  |                      |                                |            |            |

Fuente: Informe de Laboratorio ALS Ecuador diciembre 2022, Informe de Laboratorio Gruentec septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

Los informes de resultados constan en el Anexo C. Documentos de Respaldo, C1. Físico, C1.5. Resultados Laboratorio, C1.5.3. Calidad del Aire. Los puntos de monitoreo se presentan en el Anexo A. Cartografía, 3.1-18 AIRE.

### **3.1.13.5 Análisis de Resultados**

Los resultados obtenidos del trabajo de campo se compararon con las concentraciones máximas establecidas en el Anexo 4 del Acuerdo Ministerial 097-A, conforme lo estipulado en el Acuerdo Ministerial 100-A. Los puntos monitoreados indican el cumplimiento de todos los parámetros analizados, como se puede observar en la Tabla 3-54.

### **3.1.13.6 Conclusiones**

El monitoreo periódico del punto CA2, ejecutado hacia diciembre de 2022, señala que todos los parámetros analizados, es decir, monóxido de carbono (CO), monóxido de nitrógeno (NO), óxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), óxidos de azufre (SO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>) y partículas sedimentables, se encuentran por debajo de los criterios de calidad establecidos en el A. M. 097-A.

Durante el monitoreo del punto PA-1 realizado para el presente estudio (agosto de 2023), todos los parámetros analizados, es decir, monóxido de carbono (CO), monóxido de nitrógeno (NO), óxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), óxidos de azufre (SO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>) y partículas sedimentables, se encuentran por debajo de los criterios de calidad establecidos en el A. M. 097-A.

## **3.1.14 Hidrología y Calidad del Agua**

### **3.1.14.1 Hidrología**

La hidrología del área geográfica del proyecto está descrita en función de las unidades hidrográficas identificadas en el área de implantación del proyecto; busca determinar la calidad del agua de los cursos hídricos más representativos obteniendo valores referenciales de su condición ambiental actual, que servirán de base al compararlos con datos que se generan durante las actividades de implementación y el posterior monitoreo a lo largo de la ejecución del proyecto.

### **3.1.14.2 Unidades Hidrográficas**

Basado en la información secundaria existente y la información de campo, se describen los sistemas y unidades hidrográficas del área geográfica conforme la metodología Pfafstetter<sup>2</sup>; evaluando la información hidrodinámica de las unidades hidrográficas y los fenómenos relacionados con esta, así como la calidad de los cuerpos de agua principales existentes.

La caracterización de la hidrología es relevante, por cuanto su conocimiento resulta imprescindible para el entendimiento del comportamiento del medio físico de la zona y su relación con los potenciales impactos durante el desarrollo del proyecto.

Los cuerpos hídricos están estrechamente ligados al contexto geográfico: relieve, naturaleza, grado de meteorización de las rocas, cobertura vegetal, uso del suelo y clima, los cuales se combinan para establecer las características de la hidrología.

---

<sup>2</sup> Mediante Resolución No. 2011-245, emitida por la Secretaría Nacional del Agua el 24 de marzo de 2011, dicha secretaria aprueba la metodología Pfafstetter para la delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Ecuador, así como el Mapa de Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador en escala 1: 250 000 hasta el nivel 5, elaborado por la SENAGUA con la metodología antes mencionada. En este sentido, se declara de aplicación obligatoria el mapa aprobado en todos los procesos oficiales de ordenamiento de unidades hidrográficas.

Dicha metodología se encuentra detallada en el "Manual de Procedimientos de Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas, Caso: Ecuador", elaborado por la UICN en el 2009. El Manual se desarrolló con la finalidad de presentar las pautas técnicas de un sistema semiautomático para delimitar y codificar las unidades hidrográficas del Ecuador, aplicando la metodología Pfafstetter para la división, codificación y técnicas de análisis espacial ráster para la delimitación.

Este documento describe la generación automática de las unidades hidrográficas con el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), desde modelos digitales de elevación (MDE), redes de drenaje hasta la obtención de las unidades hidrográficas.

De conformidad con el convenio interinstitucional suscrito entre la SENAGUA<sup>3</sup>, la Secretaría General de la Comunidad Andina de Naciones (CAN) y la UICN (Unión Nacional para la Conservación de la Naturaleza), en mayo del 2009 se elaboró el mapa de Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador, mediante la aplicación de la metodología Pfasftetter, escala 1: 250 000, nivel 5.

Mediante Resolución No. 2011-245 del 24 de marzo de 2011 de la SENAGUA se aprobó oficialmente el mapa mencionado, al igual que la metodología Pfasftetter, desarrollada en Brasil en 1989. Dicha metodología se detalla en el “Manual de Procedimientos de Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas, Caso: Ecuador”, elaborado por la UICN en el 2009. El manual se desarrolló con la finalidad de presentar las pautas técnicas de un sistema semiautomático para delimitar y codificar las unidades hidrográficas del Ecuador, aplicando la metodología Pfasftetter para la división y codificación, así como técnicas de análisis espacial ráster para la delimitación.

La determinación de las unidades hidrográficas y sus características físicas para el área del proyecto se realizó sobre la base de información cartográfica oficial del Instituto Geográfico Militar a escala 1: 50 000 aplicando la metodología Pfasftetter, “Manual de Procedimientos de Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas, Caso: Ecuador”; en función del Acuerdo Ministerial No. 2017-0023 del 15 de noviembre de 2017 (vigente a la fecha), de la en ese entonces Secretaría Nacional del Agua, SENAGUA.

### 3.1.14.3 Categorías

El método Pfasftetter considera tres tipos de unidades hidrográficas: cuencas, intercuenas y cuencas internas.

**Cuenca:** Es un área (unidad hidrográfica) que no recibe drenaje de ninguna otra área, pero sí contribuye con flujo a otra unidad de drenaje. Es un sistema de donde el agua, sedimentos y materiales disueltos drenan a un punto en común a lo largo de un arroyo, humedal, lago o río. Por cada cuenca, hay un sistema de drenaje que transporta agua de lluvia a sus salidas. Sus márgenes están marcadas por los puntos más altos de este terreno alrededor del cuerpo de agua.

**Intercuenca:** Es un área (unidad de drenaje) que recibe el drenaje de otra unidad que se ubica aguas arriba por el curso del río principal y permite el drenaje del flujo propio y del que ha ingresado a esta unidad hacia la unidad de drenaje que se ubica aguas abajo.

El método Pfasftetter, como se indica en la Tabla 3-55, se desarrolló a partir de la evaluación de las características fisiográficas de los sistemas de drenaje presentes utilizando como base la información cartográfica escala 1: 50 000 del IGM y delimitaciones previas realizadas en la zona por la SENAGUA (Anexo A. Cartografía, 3.1-16 HIDROLOGIA).

A continuación, se presenta también la descripción de los ríos principales de cada unidad hidrográfica.

**Tabla 3-55 Unidades Hidrográficas del Proyecto**

| Unidad Hidrográfica Pfasftetter | Código    | Nivel | Nombre del Drenaje |
|---------------------------------|-----------|-------|--------------------|
| Unidad hidrográfica 497496161   | 497496161 | 9     | Río Sinhue         |
| Unidad hidrográfica 497496162   | 497496162 | 9     | S/N                |
| Unidad hidrográfica 497496148   | 497496148 | 9     | S/N                |
| Unidad hidrográfica 497496149   | 497496149 | 9     | Río Sansa Huari    |

<sup>3</sup> Mediante Decreto Ejecutivo Nro. 1007 de 4 de marzo de 2020, se ejecutó la fusión del Ministerio del Ambiente (MAE) y la Secretaría del Agua (SENAGUA), creando el Ministerio del Ambiente y Agua; actualmente denominado el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE).

Fuente: Pfafstetter Metodología, Entrix, septiembre 2023  
Elaborado por: Entrix, septiembre 2023

### Características Físicas de las Unidades Hidrográficas

Las principales características físicas de las unidades a ser analizadas en el presente proyecto son: perímetro, área, pendiente de la cuenca, pendiente del cauce, longitud del cauce, pendiente del cauce principal, tiempos de control, factor de forma, coeficiente de compacidad, densidad de drenaje, sinuosidad y orden (Anexo A. Cartografía, 3.1-16 HIDROLOGIA).

**Tabla 3-56 Características Físicas de las Unidades Hidrográficas Analizadas**

| Nombre Drenaje  | Unidad Hidrográfica Pfastetter | Codificación | Nivel | Área (km <sup>2</sup> ) | Perímetro (km) | Longitud del Cauce Principal (km) LC | Longitud del Cauce Principal en Línea Recta(km) | Longitud de los Cauces Secundarios (km) | Dirección de Drenaje |
|-----------------|--------------------------------|--------------|-------|-------------------------|----------------|--------------------------------------|---|---|----------------------|
| Río Sinhue      | Unidad hidrográfica 497496161  | 497496161    | 9     | 24,48                   | 22,70          | 15,04                                | 6,56  | 9,58                                    | SO-NE                |
| S/N             | Unidad hidrográfica 497496162  | 497496162    | 9     | 5,67                    | 11,77          | 4,39                                 | 3,47  | 7,50                                    | E-O                  |
| S/N             | Unidad hidrográfica 497496148  | 497496148    | 9     | 4,79                    | 10,20          | 4,64                                 | 2,64  | 5,17                                    | N-S                  |
| Río Sansa Huari | Unidad hidrográfica 497496149  | 497496149    | 9     | 27,63                   | 27,15          | 11,31                                | 9,33  | 38,91                                   | SO-E                 |

Fuente: Pfastetter Metodología, Entrix, septiembre 2023  
Elaborado por: Entrix, septiembre 2023

Página en blanco

Con estas características se puede determinar la configuración de las unidades hidrográficas dentro del área geográfica por medio de índices o coeficientes que relacionan el movimiento del agua y las respuestas de la cuenca a estos movimientos. Las variables para calcular serán: la forma de la unidad hidrográfica, en base al coeficiente de compacidad (Kc) y al coeficiente de forma (Kf); y la densidad de drenaje (Dd) de la unidad hidrográfica, en base a la longitud total de los cauces y la sinuosidad del cauce principal, para lo cual se utilizaron las siguientes relaciones:

#### Coeficiente de Forma (kf)

Es uno de los parámetros que explica la elongación de una unidad hidrográfica. Este parámetro está definido por la siguiente expresión:

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Donde<sup>4</sup>:

A, área de la unidad hidrográfica, km<sup>2</sup>

L, longitud del cauce principal, km

Es un parámetro adimensional y la longitud de la unidad hidrográfica puede considerarse según tres criterios diferentes: la longitud del cauce principal considerando su sinuosidad, la longitud del cauce principal considerando su eje o la distancia en línea recta entre el punto de control de la cuenca y el punto más alejado de este punto (López Cadenas de Llano & Mintegui Aguirre, 1987).

En la siguiente tabla se muestra la forma que puede adoptar una unidad hidrográfica según los rangos aproximados del factor de forma.

**Tabla 3-57 Rangos Aproximados del Factor de Forma**

| <b>Factor de Forma (valores aproximados)</b> | <b>Forma de la Unidad Hidrográfica</b> |
|--|--|
| < 0,22                                       | Muy alargada                           |
| 0,22 a 0,30                                  | Alargada                               |
| 0,30 a 0,37                                  | Ligeramente alargada                   |
| 0,37 a 0,45                                  | Ni alargada ni ensanchada              |
| 0,45 a 0,60                                  | Ligeramente ensanchada                 |
| 0,60 a 0,80                                  | Ensanchada                             |
| 0,80 a 1,20                                  | Muy ensanchada                         |
| > 1,20                                       | Rodeando el desagüe                    |

Fuente: Pfafstetter Metodología, Entrix, septiembre 2023  
 Elaborado por: Entrix, septiembre 2023

#### Coeficiente de Compacidad (kc)

Establece la relación entre el perímetro de la unidad hidrográfica y el perímetro de una circunferencia de área equivalente a la superficie de la unidad hidrográfica correspondiente. Este índice representa la forma de la superficie de la unidad hidrográfica según su delimitación y su influencia sobre los escurrimientos y el hidrograma resultante de una precipitación (López Cadenas de Llano & Mintegui Aguirre, 1987).

<sup>4</sup> Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador; Metodología Pfafstetter, SENAGUA 2009.

De otra manera, este índice se basa en la comparación con una unidad hidrográfica ideal de forma circular con sus cauces dispuestos radialmente y que desembocan en el punto central (López Cadenas de Llano, 1998). Se expresa mediante la siguiente ecuación:

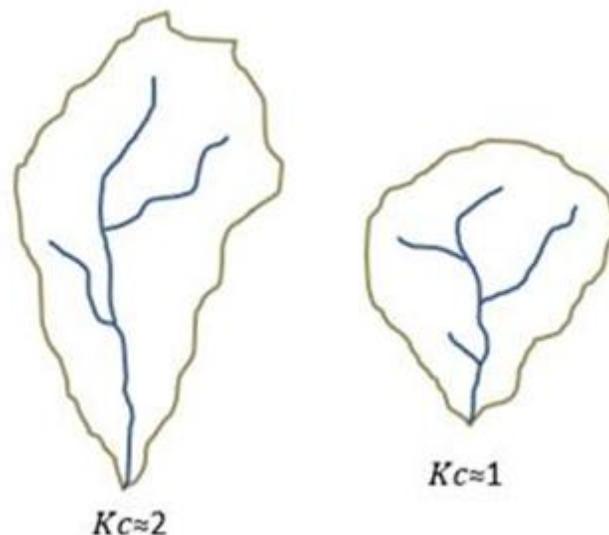
$$K_c = \frac{0,28 P}{A^{0,5}}$$

Donde<sup>5</sup>:

A, área de la unidad hidrográfica, km<sup>2</sup>

P, perímetro de la unidad hidrográfica, km

Cuando el valor de  $K_c$  tienda a uno, la unidad hidrográfica tendrá una forma casi circular. Esto significa que las crecientes tendrán mayor coincidencia debido a que los tiempos de concentración de los diferentes puntos de la unidad hidrográfica serán iguales. El tiempo de concentración consiste en la duración necesaria para que una gota de agua que cae en el punto más alejado de la cuenca llegue al punto de salida o desembocadura. En cuencas muy alargadas, el valor de  $K_c$  sobrepasa a 2, como se puede observar en la siguiente figura:



**Figura 3-40 Comparación de la Forma de Unidades Hidrográficas según  $K_c$**

Fuente: Pfafstetter Metodología, Entrix, septiembre 2023  
Elaborado por: Entrix, septiembre 2023

#### Densidad de Drenaje (Dd)

Este parámetro indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua irregulares y regulares de la unidad hidrográfica y la superficie total de esta. De otra manera, expresa la capacidad de desalojar un volumen de agua dado (López Cadenas de Llano, 1998). Este parámetro es muy representativo respecto a la topografía de la unidad hidrográfica.

Valores mínimos de esta relación están asociados a regiones con materiales de suelo poco erosionables, baja cubierta de vegetación y pendientes planas. Mientras que los valores altos indican que las precipitaciones intervienen rápidamente sobre las descargas de los ríos. Se expresa mediante la siguiente ecuación:

<sup>5</sup> Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador; Metodología Pfafstetter, SENAGUA 2009.

$$D_d = \frac{L_T}{A}$$

Donde<sup>6</sup>:

A, área de la unidad hidrográfica, km<sup>2</sup>

L<sub>T</sub>, longitud total de los cauces, km

### *Densidad de Drenaje (Dd)*

Este parámetro indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua irregulares y regulares de la unidad hidrográfica y la superficie total de esta. De otra manera, expresa la capacidad de desalojar un volumen de agua dado (López Cadenas de Llano, 1998). Este parámetro es muy representativo respecto a la topografía de la unidad hidrográfica.

Valores mínimos de esta relación están asociados a regiones con materiales de suelo poco erosionables, baja cubierta de vegetación y pendientes planas. Mientras que los valores altos refieren a que las precipitaciones intervienen rápidamente sobre las descargas de los ríos. Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$D_d = \frac{L_T}{A}$$

Donde<sup>7</sup>:

A, área de la unidad hidrográfica, km<sup>2</sup>

L<sub>T</sub>, longitud total de los cauces, km

**Tabla 3-58 Rangos Aproximados de la Densidad del Drenaje**

| Densidad de Drenaje (valores aproximados) | Clases   |
|---|----------|
| 0,1 a 1,8                                 | Baja     |
| 1,9 a 3,6                                 | Moderada |
| 3,7 a 5,6                                 | Alta     |

Fuente: Metodología Pfafstetter, Entrix, septiembre 2023  
Elaborado por: Entrix, septiembre 2023

### *Sinuosidad (Si)*

Es el índice que representa la distancia en la que el trazado del río se aparta de una línea recta. Se mide por la relación entre la distancia que separa dos puntos a lo largo de la parte más profunda del cauce y la distancia en línea recta entre ellos. Un cauce en línea recta tiene una sinuosidad de 1, mientras que se describen los ríos como meándricos cuando la sinuosidad es mayor que 1,5 (López Cadenas de Llano & Mintegui Aguirre, 1987). Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$S_i = \frac{L}{L_m}$$

Donde:

L, longitud del cauce principal, km

<sup>7</sup> Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador; Metodología Pfafstetter, SENAGUA 2009

Lm, longitud media del cauce principal en línea recta o curva, km

### Análisis de Resultados

En la siguiente tabla se presentan los resultados de dichos cálculos.

**Tabla 3-59 Coeficientes a partir de los Parámetros Fisiográficos de las Unidades Hidrográficas Analizadas**

| Cuenca Pfastetter             | Nombre Drenaje  | Código    | Coficiente de Forma (kf) | Coficiente de Compacidad (kc) | Densidad de Drenaje (Dd) (km/km2) | Sinuosidad (Si) |
|-------------------------------|-----------------|-----------|--------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| Unidad hidrográfica 497496161 | Río Sinhue      | 497496161 | 0,11                     | 1,28                          | 0,39                              | 2,29            |
| Unidad hidrográfica 497496162 | S/N             | 497496162 | 0,29                     | 1,38                          | 1,32                              | 1,26            |
| Unidad hidrográfica 497496148 | S/N             | 497496148 | 0,22                     | 1,31                          | 1,08                              | 1,76            |
| Unidad hidrográfica 497496149 | Río Sansa Huari | 497496149 | 0,22                     | 1,45                          | 1,41                              | 1,21            |

Fuente: Pfastetter Metodología, Entrix, septiembre 2023  
Elaborado por: Entrix, septiembre 2023

Página en blanco

*Coefficiente de Forma (kf)*

**Tabla 3-60 Análisis de Resultados del Coeficiente de Forma (kf)**

| Unidad Hidrográfica Pfastetter | Nombre Drenaje  | Nivel | Coefficiente de Forma (kf) | Forma de la Unidad Hidrográfica |
|--------------------------------|-----------------|-------|----------------------------|---------------------------------|
| Unidad hidrográfica 497496161  | Río Sinhue      | 9     | 0,11                       | Muy Alargada                    |
| Unidad hidrográfica 497496162  | S/N             | 9     | 0,29                       | Alargada                        |
| Unidad hidrográfica 497496148  | S/N             | 9     | 0,22                       | Alargada                        |
| Unidad hidrográfica 497496149  | Río Sansa Huari | 9     | 0,22                       | Alargada                        |

Fuente: Metodología Pfastetter, Enrix, septiembre 2023  
Elaborado por: Enrix, septiembre 2022

*Coefficiente de Compacidad (kc)*

**Tabla 3-61 Análisis de Resultados del Coeficiente de Compacidad (kc)**

| Unidad Hidrográfica Pfastetter | Nombre Drenaje  | Nivel | Coefficiente de Compacidad (kc) | Forma de la Unidad Hidrográfica |
|--------------------------------|-----------------|-------|---------------------------------|---------------------------------|
| Unidad hidrográfica 497496161  | Río Sinhue      | 9     | 1,28                            | Circular                        |
| Unidad hidrográfica 497496162  | S/N             | 9     | 1,38                            | Circular                        |
| Unidad hidrográfica 497496148  | S/N             | 9     | 1,31                            | Circular                        |
| Unidad hidrográfica 497496149  | Río Sansa Huari | 9     | 1,45                            | Circular                        |

Fuente: Metodología Pfastetter, Enrix, septiembre 2023  
Elaborado por: Enrix, septiembre 2023

*Densidad de Drenaje (Dd)*

**Tabla 3-62 Análisis de Resultados de la Densidad de Drenaje (Dd)**

| Unidad Hidrográfica Pfastetter | Nombre Drenaje  | Nivel | Densidad de Drenaje (Dd) (km/km <sup>2</sup> ) | Rangos Aproximados |
|--------------------------------|-----------------|-------|--|--------------------|
| Unidad hidrográfica 497496161  | Río Sinhue      | 9     | 0,39   | Baja               |
| Unidad hidrográfica 497496162  | S/N             | 9     | 1,32   | Baja               |
| Unidad hidrográfica 497496148  | S/N             | 9     | 1,08   | Baja               |
| Unidad hidrográfica 497496149  | Río Sansa Huari | 9     | 1,41   | Baja               |

Fuente: Metodología Pfastetter, Enrix, septiembre 2023  
Elaborado por: Enrix, septiembre 2023

*Sinuosidad (Si)*

**Tabla 3-63 Análisis de Resultados de Sinuosidad (Si)**

| Unidad Hidrográfica Pfastetter | Nombre Drenaje | Nivel | Sinuosidad (Si) | Tipo de Cauce |
|--------------------------------|----------------|-------|-----------------|---------------|
| Unidad hidrográfica 497496161  | Río Sinhue     | 9     | 2,29            | Meándrico     |
| Unidad hidrográfica 497496162  | S/N            | 9     | 1,26            | Lineal        |
| Unidad hidrográfica 497496148  | S/N            | 9     | 1,76            | Meándrico     |

| Unidad Hidrográfica Pfafstetter | Nombre Drenaje  | Nivel | Sinuosidad (Si) | Tipo de Cauce |
|---------------------------------|-----------------|-------|-----------------|---------------|
| Unidad hidrográfica 497496149   | Río Sansa Huari | 9     | 1,21            | Lineal        |

Fuente: Metodología Pfafstetter, Entrix, septiembre 2023  
Elaborado por: Entrix, septiembre 2023

### 3.1.14.3.2 Hidrometría y Cálculo de Caudales

La hidrometría es una rama de la hidrología, encargada de la medición del agua que circula por una sección en un tiempo determinado.

El caudal del cuerpo hídrico se lo obtiene mediante estimación rápida aproximada. Es un método sencillo para medir aproximadamente el caudal en cuerpos de agua pequeños. Para ello se necesita conocer profundidad, ancho del cuerpo hídrico y calcular la velocidad en una sección del cuerpo hídrico.

Para estimar la velocidad, se lanza una hoja en el agua del arroyo que vaya en dirección del cauce, la hoja flota a paso normal unos 5 m y, mediante un cronómetro, se toma el tiempo que transcurre en pasar la hoja desde el punto inicial al final.

La ecuación de caudal se detalla a continuación:

$$Q = V/t$$

Donde:

Q: caudal (m<sup>3</sup>/s)

V: volumen de agua de la sección (m<sup>3</sup>)

t: tiempo (s)

A continuación, se detalla el cálculo de las características hidrométricas de los cuerpos hídricos muestreados como parte de la línea base del presente estudio (Anexo C. Documentos de Respaldo, C1. Físico, C1.7 Hidrología; Anexo A. Cartografía, 3.1-16 HIDROLOGÍA).

**Tabla 3-64 Cálculo de Caudal Instantáneo de los Cuerpos Hídricos Monitoreados**

| Infraestructura Asociada | Cálculo de Caudales  |                           |           |            |                           |        |  |                                    |                          |                            |                              |                          |               |
|--------------------------|----------------------|---------------------------|-----------|------------|---------------------------|--------|--|------------------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------|
|                          | Código de la Muestra | Coordenadas WGS 84 18 Sur |           |            | Nombre del Cuerpo de Agua | Tipo   | Cálculo del Volumen de los Cuerpos de Agua |                                    |                          |                            | Cálculo de Caudal [Q (m3/s)] |                          |               |
|                          |                      | Este (m)                  | Norte (m) | Fecha      |                           |        | Ancho del Cuerpo de Agua (m)               | Profundidad del Cuerpo de Agua (m) | Longitud de Medición (m) | Volumen de la Sección (m3) | Tiempo (s)                   | Velocidad de Flujo (m/s) | Caudal (m3/s) |
| Plataforma Singue Norte  | MA-1                 | 356441                    | 10020567  | 25/08/2023 | Río Singue                | Lótico | 15   | 8                                  | 10                       | 1200                       | 14,1                         | 0,71                     | 85,336        |
| DDV                      | MA-2                 | 357641                    | 10017632  | 25/08/2023 | Estero sin nombre         | Lótico | 1,5  | 0,3                                | 4                        | 1,8                        | 9,8                          | 0,41                     | 0,183         |
| DDV                      | MA-3                 | 357343                    | 10018448  | 25/08/2023 | Estero sin nombre         | Lótico | 1,5  | 0,2                                | 5                        | 1,5                        | 15,5                         | 0,32                     | 0,097         |
| DDV                      | MA-4                 | 357180                    | 10018801  | 25/08/2023 | Estero sin nombre         | Lótico | 1,4  | 0,15                               | 3                        | 0,63                       | 11,0                         | 0,27                     | 0,057         |
| DDV                      | MA-5                 | 357616                    | 10017323  | 25/08/2023 | Estero sin nombre         | Lótico | 1  | 0,1                                | 2                        | 0,2                        | 13,9                         | 0,14                     | 0,014         |

Elaboración: Entrix, septiembre 2023

Página en blanco

### Caudales Medios Mensuales

Caudal es la cantidad de agua que fluye a través de una sección y se expresa en volumen por unidad de tiempo.

- > Caudal medio mensual: Se calcula hallando para cada mes la media aritmética de los caudales promedios diarios.

### *Metodología*

Para la determinación de los caudales medios mensuales se ha utilizado la fórmula aplicada al método racional, expresada por la ecuación:

$$Q = 0,278 * C * I * A$$

Donde:

|                        |                                      |
|------------------------|--------------------------------------|
| Q (m <sup>3</sup> / s) | Caudal medio mensual                 |
| 0,278                  | Factor de conversión de unidades     |
| C                      | Coefficiente de escurrimiento        |
| I (mm / h)             | Intensidad de lluvia (precipitación) |
| A (km <sup>2</sup> )   | Área de la cuenca de drenaje         |

Para la determinación de caudales se realizó el siguiente proceso:

Se determinó el valor de precipitación media mensual para las cuencas de interés en base a la información meteorológica de la estación meteorológica de Lago Agrio.

**Tabla 3-65 Precipitación Media Anual Estación Lago Agrio**

| Precipitación (mm)  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Estación            | Ene   | Feb   | Mar   | Abr   | May   | Jun   | Jul   | Ago   | Sep   | Oct   | Nov   | Dic   | Media | Total  |
| Estación Lago Agrio | 210,3 | 244,2 | 340,7 | 374,2 | 383,3 | 340,2 | 287,1 | 213,5 | 226,3 | 298,3 | 339,1 | 278,9 | 294,7 | 3536,1 |

Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto Lago Agrio (Nueva Loja), Dirección de Aviación Civil (DGAC), 2023  
 Elaboración: Entrix, septiembre 2023

- > El coeficiente de escurrimiento se determinó en base a la fórmula de Nadal, que se expone a continuación:

$$C = 0,25 * K1 * K2 * K3$$

Donde:

|    |  |
|----|--|
| K1 | Factor de la extensión de la cuenca                    |
| K2 | Factor de precipitación anual                          |
| K3 | Factor de la pendiente y de la permeabilidad del suelo |

### *Resultados*

Del análisis de factores se obtuvo los siguientes resultados para las diferentes cuencas:

**Tabla 3-66 Cálculo de Coeficiente de Escurrimiento**

| Unidad Hidrográfica           | Área (km <sup>2</sup> ) | K1   | Precipitación (mm) | K2   | K3   | C    |
|-------------------------------|-------------------------|------|--------------------|------|------|------|
| Unidad hidrográfica 497496161 | 24,48                   | 2,29 | 294,7              | 0,54 | 0,50 | 0,15 |
| Unidad hidrográfica 497496162 | 5,67                    | 2,86 | 294,7              | 0,54 | 0,50 | 0,19 |
| Unidad hidrográfica 497496148 | 4,79                    | 2,94 | 294,7              | 0,54 | 0,50 | 0,20 |
| Unidad hidrográfica 497496149 | 27,63                   | 2,25 | 294,7              | 0,54 | 0,50 | 0,15 |

Elaboración: Entrix, septiembre 2023

Con el valor del coeficiente de escurrimiento y las áreas de las cuencas se calcularon los caudales mensuales mínimo, medio y máximo de las cuencas. Para el cálculo se utilizó información de las características de las unidades hidrográficas relacionadas con el proyecto, obteniéndose los siguientes valores:

**Tabla 3-67 Caudal Medio de las Unidades Hidrográficas del Proyecto**

| Unidad Hidrográfica           | Caudal                      | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo  | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Media |
|-------------------------------|-----------------------------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|-------|
| Unidad hidrográfica 497496161 | Q medio (m <sup>3</sup> /s) | 0,085 | 0,099   | 0,138 | 0,152 | 0,156 | 0,138 | 0,117 | 0,117  | 0,092      | 0,121   | 0,138     | 0,113     | 0,120 |
| Unidad hidrográfica 497496162 | Q medio (m <sup>3</sup> /s) | 0,025 | 0,029   | 0,040 | 0,044 | 0,045 | 0,040 | 0,034 | 0,034  | 0,027      | 0,035   | 0,040     | 0,033     | 0,035 |
| Unidad hidrográfica 497496148 | Q medio (m <sup>3</sup> /s) | 0,021 | 0,025   | 0,035 | 0,038 | 0,039 | 0,035 | 0,029 | 0,029  | 0,023      | 0,030   | 0,035     | 0,028     | 0,030 |
| Unidad hidrográfica 497496149 | Q medio (m <sup>3</sup> /s) | 0,095 | 0,110   | 0,153 | 0,169 | 0,173 | 0,153 | 0,129 | 0,129  | 0,102      | 0,134   | 0,153     | 0,126     | 0,133 |

Elaboración: Entrix, septiembre 2023

Página en blanco

### Caudales Ecológicos

El caudal ecológico en un cauce corresponde al caudal mínimo necesario para sustentar las condiciones naturales propias de dicho cauce, tanto físicas como bióticas y sociales (uso del agua).

### *Metodología*

Muchas son las técnicas y las metodologías para su determinación; sin embargo, para un análisis esencial y breve de este caudal, en el presente cálculo se consideró el caudal medio de cada unidad hidrográfica del proyecto. Es así como del valor obtenido se calculó el 10 % del caudal indicado, obteniendo el caudal ecológico<sup>8</sup>.

$$Q_{\text{ecológico}} = Q_{\text{medio}} * 10 \%$$

### *Resultados*

A continuación, se presentan los valores estimados:

**Tabla 3-68 Caudales Ecológicos de las Unidades Hidrográficas del Proyecto**

| Unidad Hidrográfica           | Área (km <sup>2</sup> ) | Q Medio (m <sup>3</sup> /s) | Q Ecológico (m <sup>3</sup> /s) |
|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Unidad hidrográfica 497496161 | 24,48                   | 0,120                       | 0,012                           |
| Unidad hidrográfica 497496162 | 5,67                    | 0,035                       | 0,003                           |
| Unidad hidrográfica 497496148 | 4,79                    | 0,030                       | 0,003                           |
| Unidad hidrográfica 497496149 | 27,63                   | 0,133                       | 0,013                           |

Sexta disposición transitoria del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, donde se establece: "En tanto no tenga lugar la aprobación de dicha reglamentación, la Secretaría del Agua establecerá como caudal ecológico al 10 % del caudal medio mensual multianual del régimen natural de la fuente, determinado en función de los datos hidrológicos de al menos 10 años".

Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### **3.1.15 Calidad del Agua**

#### **3.1.15.1 Metodología**

Para la toma de muestras para el presente estudio se consideró la caracterización del componente hídrico basado en la evaluación de las características fisiográficas de los sistemas de drenaje, los resultados analíticos de las muestras y la identificación de diferentes actividades antrópicas que podrían aportar concentraciones de parámetros que incidan en la caracterización y las condiciones climatológicas.

La línea base del presente EsIA busca caracterizar el área geográfica del proyecto de la fase de explotación del bloque Singue que permita contar con valores de línea base. El número de muestras y su localización estuvo basado en la ubicación de la infraestructura en proceso de licenciamiento, la topografía y las características propias de los cuerpos de agua existentes en el área geográfica del proyecto; por ejemplo, si los cuerpos de agua cuentan con flujo laminar, estacionalidad, entre otros.

Cabe mencionar que para las actividades en las que se requiera el uso del recurso hídrico, se podrá considerar como punto de captación de agua al río Sansahuari, ubicado en el sector de Singue, en la parroquia Palma Roja, cantón Putumayo, provincia Sucumbíos; debido a que el punto actualmente posee

<sup>8</sup> Sexta disposición transitoria del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, donde establece: "En tanto no tenga lugar la aprobación de dicha reglamentación, la Secretaría del Agua establecerá como caudal ecológico al 10 % del caudal medio mensual multianual del régimen natural de la fuente, determinado en función de los datos hidrológicos de al menos 10 años".

el permiso de uso y aprovechamiento del agua Expediente No. NA-SB-2018-0087-AAA emitido por la Secretaría del Agua (Anexo C. Documentos de Respaldo, C.1 Físico, C.1.9 Uso y Aprovechamiento Agua). Por otro lado, para el proyecto también puede considerarse la captación de agua del río Singue (Sinhue), siempre y cuando se obtenga previamente la autorización para uso y aprovechamiento conforme se cita en la sección 4.5.1 del capítulo 4 Descripción del Proyecto y conforme se establece en el plan de prevención y mitigación de impactos del capítulo 9 Plan de Manejo Ambiental.

La ubicación de los puntos de muestreo se definió en función de lo antes mencionado, teniendo como objeto determinar la calidad del agua de los cursos hídricos más representativos y cuya estacionalidad permitió tomar la muestra. El muestreo se llevó a cabo en agosto 2023.

Las muestras de agua se recolectaron en recipientes de vidrio color ámbar y recipientes transparentes de plástico, luego etiquetadas y debidamente preservadas hasta la recepción en el laboratorio acreditado (Gruentec) (Anexo C Documentos de Respaldo, C1. Físico, C1.3 Acreditación Laboratorio), acompañado de las cadenas de custodia correspondientes (Anexo C. Documentos de Respaldo, C1. Físico, C1.2 Cadenas de Custodia).

Se realizaron mediciones *in situ* de agua superficial en cada punto de muestreo previo a la toma de muestras con el fin de medir los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno y temperatura, mediante el uso de un multiparámetro.

**Tabla 3-69 Características del Equipo de Medición de Parámetros *In situ***

| Instrumento  | Especificaciones  |
|--|---|
| Multiparámetro (MULP-034)<br>WTW portátil, pH, valor Redox, Conductividad, Oxígeno Disuelto, turbiedad | Modelo MULTI 3620 IDS<br>Número de serie: 20120660  |
| Electrodo pH (ELEC-290), WTW   | Modelo Sentix 940<br>Número de serie: B221204023<br>Rango de medición pH: 0,0-14,0          |
| Electrodo conductividad (ELEC-176) WTW   | Modelo: TetraCon 925-3<br>Número de serie: 20041665<br>Rango de medición 1 uS/cm-2 S/cm     |
| Electrodo oxígeno (ELEC-177) WTW   | Modelo: FDO 925-3<br>Número de Serie: 20101019<br>Rango de medición 0,00-20,0 mg/l; 0-200 % |

Fuente: Gruentec, 2023  
Elaboración Entrix, septiembre 2023

Una vez obtenidos los resultados de laboratorio, los principales parámetros analizados en las muestras de agua son comparados con los criterios de calidad admisibles establecidos en la Tabla 2 Criterios Admisibles para la Preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios, y la Tabla 3 Criterios de calidad de Aguas para riego agrícola del Anexo 1 del Libro VI del A. M. 097-A.

**Tabla 3-70 Parámetros a ser Analizados**

| Parámetro                          | Unidades | Criterios de Calidad Tabla 2 Anexo 1 A. M. 097A |
|------------------------------------|----------|---|
| <b>Parámetros medidos en sitio</b> |          |   |
| pH                                 | Unid. pH | 6,5-9   |
| Conductividad                      | uS/cm    | N/A   |
| Oxígeno Disuelto                   | mg/l     | N/A   |
| Oxígeno Saturación                 | %        | > 80  |

| Parámetro   | Unidades   | Criterios de Calidad Tabla 2 Anexo 1 A. M. 097A |
|---|------------|---|
| Temperatura   | °C         | N/A   |
| <b>Parámetros medidos en el laboratorio</b>   |            |   |
| Sólidos Disueltos Gravimétricos   | mg/l       | N/A   |
| Cloro total residual  | mg/L       | 0,01  |
| Amonio  | mg/l       | -   |
| Amonio como amoniaco  | mg/l       | N/A   |
| Cianuro Libre   | mg/l       | N/A   |
| Cianuro Total   | mg/l       | N/A   |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno   | mg/l       | 20  |
| Demanda Química de Oxígeno  | mg/l       | 40  |
| Fenoles   | mg/l       | 0,001   |
| Aceites y grasas  | mg/l       | 0,3   |
| TPH   | mg/l       | 0,5   |
| Coliformes Totales  | NMP/100 ml | N/A   |
| Aluminio  | mg/l       | 0,1   |
| N/A No aplica, la Tabla 2 del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097 A no establece un límite máximo permisible. |            |   |

Fuente: Acuerdo Ministerial 097-A, 2015  
 Elaborado por: Entrix, septiembre 2023

### Métodos Utilizados

El método empleado para la toma de muestras fue el muestreo simple, el cual consiste en tomar una porción de un volumen de agua para el análisis de varias características definidas de acuerdo con el tipo de parámetro a analizar. Generalmente, se desarrolla información con muestreo, análisis de laboratorio y determinaciones *in situ*.

#### **3.1.15.2 Procedimiento de Campo**

El procedimiento de campo para la toma de muestras simples de agua superficial contempló:

- > En la zona de muestreo se determinó la ubicación de los puntos a muestrear; esta información se obtiene previo de la salida de campo y a través del mapa de puntos de muestreo de agua.
- > En la hoja de campo se registró las características del área de toma de muestra (coordenadas, condiciones climáticas, ancho curso de agua, etc.).
- > Se etiquetó los envases con los que se tomó las muestras, para lo que se señaló la fecha, persona encargada del muestreo, empresa, nombre del estudio y código de la muestra.
- > Antes de tomar las muestras se homogenizaron los envases rellenándolos con el líquido del cuerpo de agua a muestrear; posteriormente, se desechó esta agua.
- > Para las muestras tomadas a pie, se orientó la boca del envase aguas arriba, de tal manera que se evite contaminación de la muestra por sedimentos.
- > Se recolectó las muestras de agua superficial en cada lugar antes de recoger las de sedimentos para evitar contaminación con exceso de partículas suspendidas levantadas durante el muestreo.

- > Los envases quedaron totalmente llenos y sin burbujas, con excepción de los envases para análisis orgánicos volátiles, donde se dejó un espacio para la expansión.
- > Posteriormente, se tomó los parámetros *in situ* mencionados (multiparámetros) a continuación: conductividad, pH, temperatura, oxígeno disuelto y saturación de oxígeno.
- > Se completó la cadena de custodia y se descontaminó todo el equipo de muestreo antes y después de su uso y entre los lugares de muestreo.

### 3.1.15.3 Puntos de Monitoreo Periódicos

GENTE OIL, como parte de su plan de monitoreo de calidad del agua, desde el 2014 ha ejecutado monitoreos de agua en puntos de inmisión conforme la periodicidad establecida por la normativa ambiental respectiva, con frecuencia mensual de este componente. En la Tabla 3-71 se detalla la ubicación de los puntos de monitoreo periódicos de inmisión, datos obtenidos de los informes de Monitoreo Ambiental Semestrales del Bloque 53-Singue del 2022 (Anexo A, Cartografía, 3.1-17 RUIDO y 3.1-18 AIRE).

**Tabla 3-71 Monitoreos Periódicos Inmisión**

| Id                 | Coordenadas UTM WGS84<br>Zona 18 Sur |             | Descripción del Área   | Fuente   |
|--------------------|--------------------------------------|-------------|--|--|
|                    | Este (m)                             | Norte (m)   |  |  |
| INM.API-1-SNG B    | 357321,74                            | 10017150,76 | Plataforma Singue B<br>Estero permanente ubicado en el lindero sur (S) de la plataforma, de caudal mínimo en época seca.     | Informe de Monitoreo Ambiental Bloque 53-Singue, Segundo Semestre 2022 |
| INM.API-2-SNG B    | 357518,014                           | 10017405,05 | Plataforma Singue B<br>Estero intermitente, ubicado en el lindero este (E) de la plataforma, de caudal mínimo en época seca. |  |
| INM.API-3-SNG B    | 357518,014                           | 10017405,05 | Plataforma Singue B<br>Estero intermitente, ubicado en el lindero este (E) de la plataforma, de caudal mínimo en época seca. |  |
| INM. API-1 – SNG A | 356637                               | 10017085    | Plataforma Singue A<br>Estero permanente, ubicado en el lindero norte de la plataforma.                                      |  |
| INM. API-2 – SNG A | 356858,54                            | 10016841,5  | Plataforma Singue A<br>Estero permanente, ubicado en el lindero sur de la plataforma.  |  |

Fuente: GENTE OIL, septiembre 2023  
Elaborado por: Entrix, septiembre 2023

Cabe recalcar que los monitoreos ejecutados por GENTE OIL responden al cumplimiento de las responsabilidades adquiridas bajo los Permisos Administrativos Ambientales que dispone la operadora.

### 3.1.15.4 Puntos de Monitoreo Nuevos

A continuación, se detalla la ubicación de los puntos de muestreo caracterizados en la fase de campo.

**Tabla 3-72 Ubicación Puntos de Muestreo Calidad de Agua**

| Número de Muestra | Código de la Muestra | Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur |           | Fecha de Muestreo | Infraestructura Asociada | Descripción del Sitio de Muestreo  | Fotografía   |
|-------------------|----------------------|--------------------------------|-----------|-------------------|--------------------------|--|--|
|                   |                      | Este (m)                       | Norte (m) |                   |                          |  |  |
| 1                 | MA-01                | 356457                         | 10020559  | 23/08/2023        | Plataforma Singue Norte  | El punto de muestreo se encuentra al norte de la plataforma Singue B a 3,3 km en línea recta. La muestra se tomó en la orilla del río Singue en medio del bosque primario. |   |
| 2                 | MA-02                | 357740                         | 10017609  | 22/08/2023        | DDV                      | Punto de muestreo ubicado al noreste de la plataforma Singue B a 500 m del ingreso principal junto a un sendero vecinal.   |  |

| Número de Muestra | Código de la Muestra | Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur |           | Fecha de Muestreo | Infraestructura Asociada | Descripción del Sitio de Muestreo   | Fotografía   |
|-------------------|----------------------|--------------------------------|-----------|-------------------|--------------------------|---|--|
|                   |                      | Este (m)                       | Norte (m) |                   |                          |   |  |
| 3                 | MA-03                | 357350                         | 10018441  | 23/08/2023        | DDV                      | El punto de muestreo se encuentra a 1,2 km de la plataforma Singue B en línea recta. La muestra es tomada en la orilla de un pequeño río sin nombre, en una zona deforestada en una finca de propiedad privada. |   |
| 4                 | MA-04                | 357230                         | 10018647  | 23/08/2023        | DDV                      | El punto de muestreo se encuentra a 1,4 km de la plataforma Singue B en línea recta. La muestra es tomada en la orilla de un pequeño río sin nombre.  |  |

| Número de Muestra | Código de la Muestra | Coordenadas WGS 84 Zona 18 Sur |           | Fecha de Muestreo | Infraestructura Asociada | Descripción del Sitio de Muestreo  | Fotografía  |
|-------------------|----------------------|--------------------------------|-----------|-------------------|--------------------------|--|---|
|                   |                      | Este (m)                       | Norte (m) |                   |                          |  |   |
| 5                 | MA-05                | 357558                         | 10017283  | 22/08/2023        | DDV                      | Punto de muestreo ubicado a un costado este de la plataforma Singue B, a 160 m del ingreso del campamento en un sendero comunal. |  |

Fuente: Entrix, Levantamiento de información en campo, septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

Página en blanco

### **3.1.15.5 Resultados de Laboratorio**

A continuación, se presentan los resultados de las mediciones *in situ* de los diferentes cuerpos de agua muestreados durante la fase de campo mediante el equipo multiparámetros (Anexo C. Documentos de Respaldo, C.1.Físico, C.1.6. Hojas de Campo), y los resultados del análisis fisicoquímico realizado en el laboratorio acreditado Gruentec.

Los informes de resultados constan en el Anexo C Documentos de Respaldo, C1. Físico; C1.5 Resultados Laboratorio, C.1.5.1 Calidad del agua. Todos los puntos de muestreo se presentan en el Anexo A. Cartografía, 3.1-16 HIDROLOGIA.

Los resultados que se encuentran sobre los criterios de calidad establecidos en la Tabla 2 del Anexo 1 de A. M. 097 A, se marcan en color rojo:

Página en blanco

**Tabla 3-73 Resultados de Calidad de Agua**

| Parámetro                                  | Unidades   | Tabla 2<br>Anexo 1, A.<br>M. 097-A* | ID de las Muestras |           |           |           |           |
|--|------------|-------------------------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|  |            |                                     | MA-01              | MA-02     | MA-03     | MA-04     | MA-05     |
|  |            |                                     | 23/8/2023          | 22/8/2023 | 23/8/2023 | 23/8/2023 | 22/8/2023 |
| Parámetros medidos en el sitio             |            |                                     |                    |           |           |           |           |
| pH   | Unid, pH   | 6,5-9                               | 5,4                | 6,7       | 5,3       | 5,5       | 5,6       |
| Conductividad                              | us/cm      | N/A                                 | 13                 | 17        | 14        | 13        | 20        |
| Temperatura                                | °C         | N/A                                 | 26,5               | 27,3      | 27,0      | 26,0      | 25,1      |
| Oxígeno disuelto                           | mg/l       | N/A                                 | 6,8                | 6,8       | 6,6       | 5,9       | 6,2       |
| Oxígeno saturación                         | %          | > 80                                | 89,3               | 83,4      | 83,3      | 81,2      | 82,3      |
| Parámetros medidos en laboratorio          |            |                                     |                    |           |           |           |           |
| Sólidos disueltos gravimétricos            | mg/l       | N/A                                 | 88                 | 48        | < 15      | < 15      | 40        |
| Parámetros orgánicos                       |            |                                     |                    |           |           |           |           |
| Aceites y grasas                           | mg/l       | 0,3                                 | < 0,3              | < 0,3     | < 0,3     | < 0,3     | < 0,3     |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno              | mg/l       | 20                                  | < 2                | < 2       | < 2       | < 2       | < 2       |
| Demanda Química de Oxígeno                 | mg/l       | 40                                  | 6                  | 9         | < 5       | < 5       | 7         |
| Fenoles                                    | mg/l       | 0,001                               | < 0,001            | < 0,001   | < 0,001   | < 0,001   | < 0,001   |
| Hidrocarburos totales de petróleo (C8-C40) | mg/l       | 0,5                                 | < 0,3              | < 0,3     | < 0,3     | < 0,3     | < 0,3     |
| Parámetros microbiológicos                 |            |                                     |                    |           |           |           |           |
| Coliformes totales                         | NMP/100 ml | N/A                                 | 17000              | 17000     | >160000   | 24000     | 3500      |
| Metales totales                            |            |                                     |                    |           |           |           |           |
| Aluminio                                   | mg/l       | 0,1                                 | 1,1                | 1,9       | 0,29      | 0,19      | 0,56      |
| Arsénico                                   | mg/l       | 0,05                                | < 0,0005           | 0,0005    | < 0,0005  | < 0,0005  | < 0,0005  |
| Bario                                      | mg/l       | 1                                   | 0,024              | 0,019     | 0,029     | 0,021     | 0,030     |
| Berilio                                    | mg/l       | 0,1                                 | < 0,0002           | < 0,0002  | < 0,0002  | < 0,0002  | < 0,0002  |
| Boro                                       | mg/l       | 0,75                                | < 0,02             | < 0,02    | < 0,02    | < 0,02    | < 0,02    |
| Cadmio                                     | mg/l       | 0,001                               | 0,0001             | < 0,0001  | 0,0002    | 0,0002    | < 0,0001  |

| Parámetro  | Unidades | Tabla 2<br>Anexo 1, A.<br>M. 097-A* | ID de las Muestras |           |           |           |           |
|--|----------|-------------------------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|  |          |                                     | MA-01              | MA-02     | MA-03     | MA-04     | MA-05     |
|  |          |                                     | 23/8/2023          | 22/8/2023 | 23/8/2023 | 23/8/2023 | 22/8/2023 |
| Cobalto  | mg/l     | 0,2                                 | 0,0004             | 0,0004    | 0,0003    | 0,0003    | 0,0003    |
| Cromo  | mg/l     | 0,032                               | 0,0021             | 0,0020    | 0,0004    | 0,0002    | 0,0008    |
| Estaño   | mg/l     | N/A                                 | 0,0008             | 0,0013    | 0,0005    | 0,0012    | 0,0028    |
| Hierro   | mg/l     | 0,3                                 | 1,5                | 2,3       | 0,38      | 0,30      | 0,65      |
| Manganeso  | mg/l     | 0,1                                 | 0,041              | 0,058     | 0,021     | 0,020     | 0,023     |
| Mercurio   | mg/l     | 0,0002                              | < 0,0001           | < 0,0001  | < 0,0001  | < 0,0001  | < 0,0001  |
| Níquel   | mg/l     | 0,025                               | < 0,001            | < 0,001   | < 0,001   | < 0,001   | < 0,001   |
| Plata  | mg/l     | 0,01                                | < 0,0001           | < 0,0001  | < 0,0001  | < 0,0001  | < 0,0001  |
| Plomo  | mg/l     | 0,001                               | 0,0009             | 0,0009    | 0,0006    | 0,0013    | < 0,0005  |
| Selenio  | mg/l     | 0,001                               | < 0,001            | < 0,001   | < 0,001   | < 0,001   | < 0,001   |
| Vanadio  | mg/l     | N/A                                 | 0,0061             | 0,011     | 0,0027    | 0,0022    | 0,0050    |
| Zinc   | mg/l     | 0,03                                | 0,022              | 0,015     | 0,029     | 0,032     | 0,013     |
| Aniones y no metales   |          |                                     |                    |           |           |           |           |
| Amonio   | mg/l     | N/A                                 | 0,04               | 0,02      | 0,05      | 0,04      | 0,04      |
| Amonio como amoníaco   | mg/l     | N/A                                 | 0,04               | 0,02      | 0,05      | 0,03      | 0,04      |
| Cianuro libre  | mg/l     | N/A                                 | < 0,001            | < 0,001   | < 0,001   | < 0,001   | < 0,001   |
| Cianuro total  | mg/l     | 0,01                                | < 0,001            | < 0,001   | < 0,001   | < 0,001   | < 0,001   |
| Cloro total residual   | mg/l     | 0,01                                | < 0,1              | < 0,1     | < 0,1     | < 0,1     | < 0,1     |
| * Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario, Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios, Tabla 2 del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A |          |                                     |                    |           |           |           |           |
| Los valores con < indican menor que el límite de detección del laboratorio   |          |                                     |                    |           |           |           |           |

Fuente: Gruentec, Informe de Resultados, septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### 3.1.15.6 Análisis de Resultados

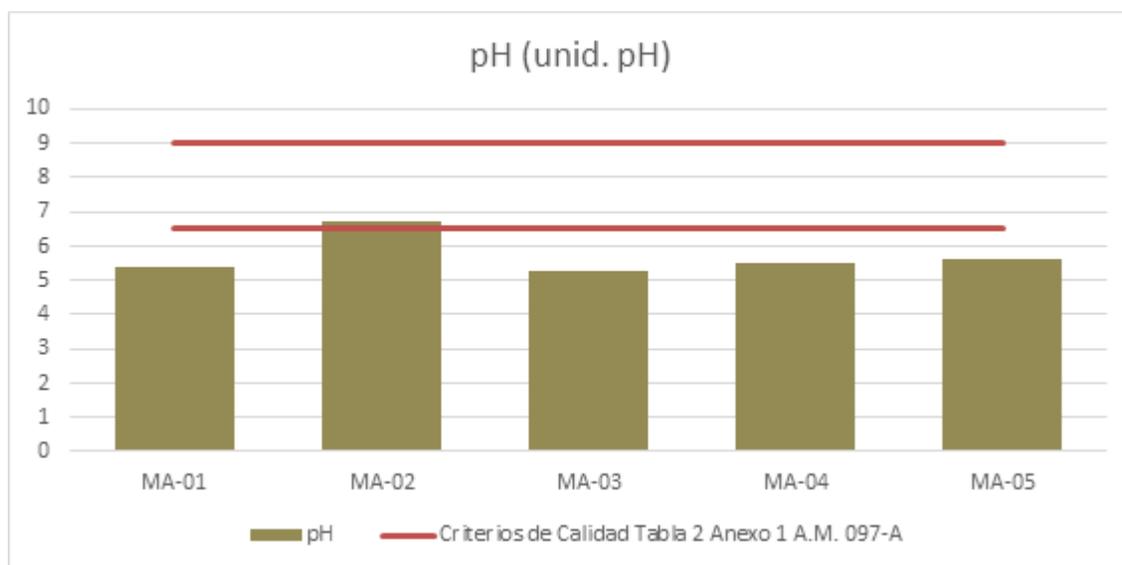
Los informes de resultados constan en el Anexo C. Documentos de Respaldo; C1. Físico; C1.5. Resultados Laboratorio. Todos los puntos de muestreo se presentan en el Anexo A.- Cartografía, 3.1-16 HIDROLOGIA.

Los resultados obtenidos del trabajo de campo se compararon con los criterios de calidad establecidos en la Tabla 2 “Criterios de calidad de admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios” Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A, conforme lo estipulado en el Acuerdo Ministerial 100-A. Las muestras analizadas indican el cumplimiento en algunos de los parámetros analizados como se puede observar en la Tabla 3-42; sin embargo, se ha evidenciado parámetros que se encuentran fuera de los criterios de calidad establecidos por la legislación ambiental vigente, que se analizan a continuación:

#### pH

La selva tropical es un ecosistema rico en materia orgánica (biomasa proveniente mayoritariamente de la vegetación), este comportamiento contribuye a que los suelos y consecuentemente aguas (arrastre de suelos por escorrentías), en dicha zona tiendan a ser ácidos, lo cual se da ya que la descomposición de la biomasa libera ácidos orgánicos como el ácido húmico o el ácido fúlvico. Por otra parte, una concentración ácida de las masas de agua puede darse a la temporalidad de los ríos y actividades antrópicas sobre estas masas de agua.

Como se puede apreciar en la Figura 3-41 y en la Tabla 3-73, las muestras de agua MA-01, MA-03, MA-04 y MA-05 presentan valores por debajo del rango de calidad establecidos en la Tabla 1 del Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 097-A; se aduce que este comportamiento responde a las condiciones descritas en el párrafo previo, es decir, comportamiento que puede basarse por razones naturales y/o actividades antrópicas cercanas.



**Figura 3-41 Análisis de Resultados de Muestra Compuesta de Calidad de Agua (pH)**

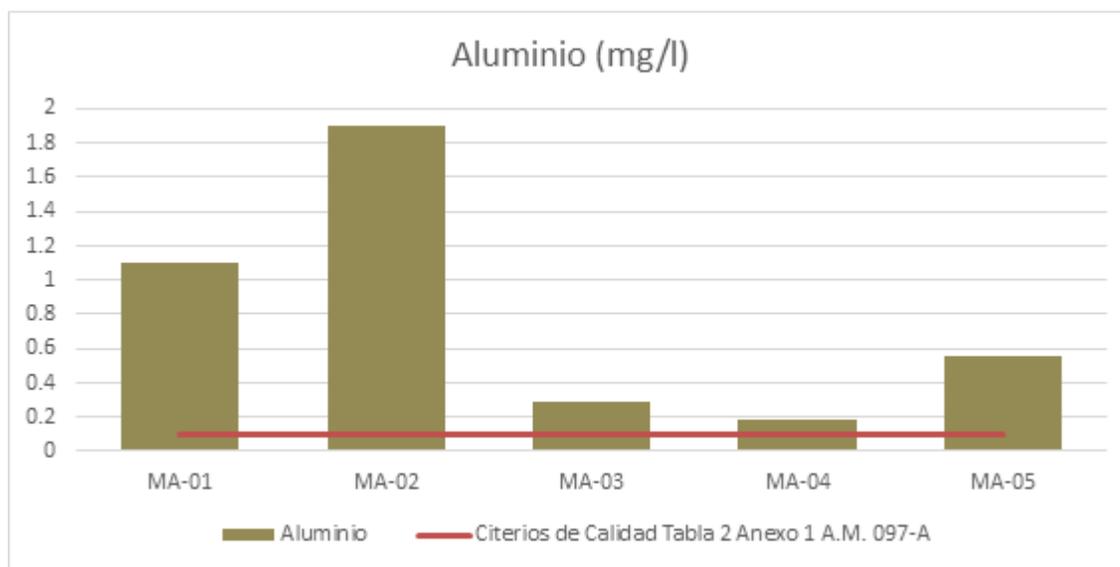
Fuente: Informes de Laboratorio Gruentec, septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

## Aluminio

El aluminio es un elemento que se encuentra naturalmente en la corteza terrestre y puede estar presente en el suelo y en las aguas superficiales de forma natural. En algunas áreas, la concentración de aluminio puede ser más alta debido a la geología local y la erosión natural de minerales que contienen aluminio.

Además de las fuentes naturales, las actividades humanas, como la minería, la deforestación y la agricultura, pueden contribuir a un aumento en la concentración de aluminio en los ríos de la selva amazónica debido a la liberación de sedimentos y productos químicos en el agua.

Las muestras MA-01, MA-02, MA-03, MA-04 y MA-05 presentan concentraciones de aluminio sobre el criterio de calidad establecido en la Tabla 2 del Anexo 1 del A. M. 097-A. Con base en lo anteriormente indicado, la presencia de aluminio puede estar asociada a las condiciones naturales del área.



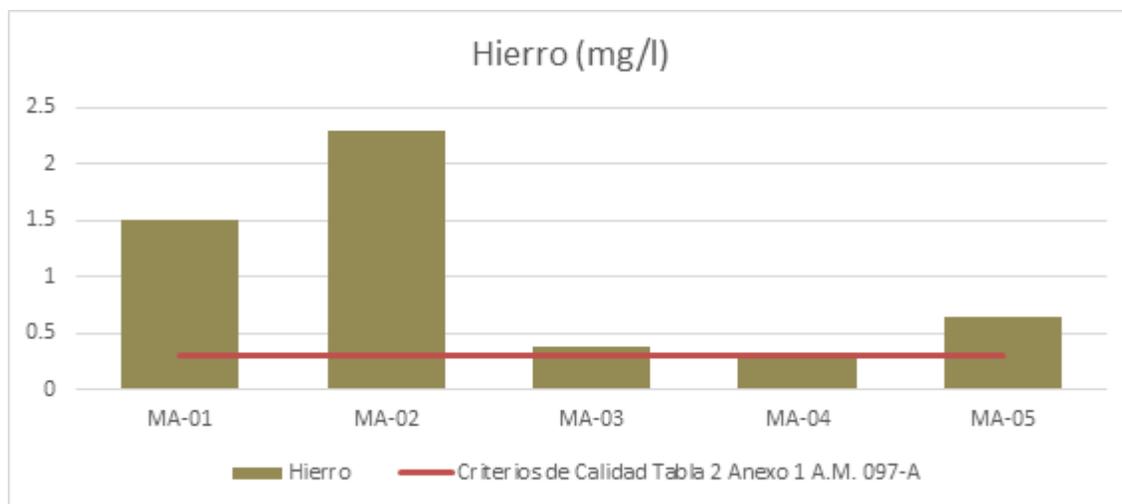
**Figura 3-42 Análisis de Resultados de Muestra Compuesta de Calidad de Agua (aluminio)**

Fuente: Informes de Laboratorio Gruentec, septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

## Hierro

La presencia de hierro en las aguas podría estar asociada a la geología del suelo y subsuelo de la región. Este metal también se encuentra asociado a la lixiviación de contaminantes de actividades antrópicas, como descarga de aguas residuales y agricultura (Soto, 2006).

Las muestras de agua con valores por fuera de los criterios de calidad establecidos en la Tabla 2 del Anexo 1 del A. M. 097-A corresponden a los siguientes puntos de muestreo: MA-01, MA-02, MA-03 y MA-05 (Figura 3-43). Con base en lo anteriormente indicado, la presencia de este compuesto puede estar vinculado a la condición natural del entorno.



**Figura 3-43 Análisis de Resultados de Muestra Compuesta de Calidad de Agua (hierro)**

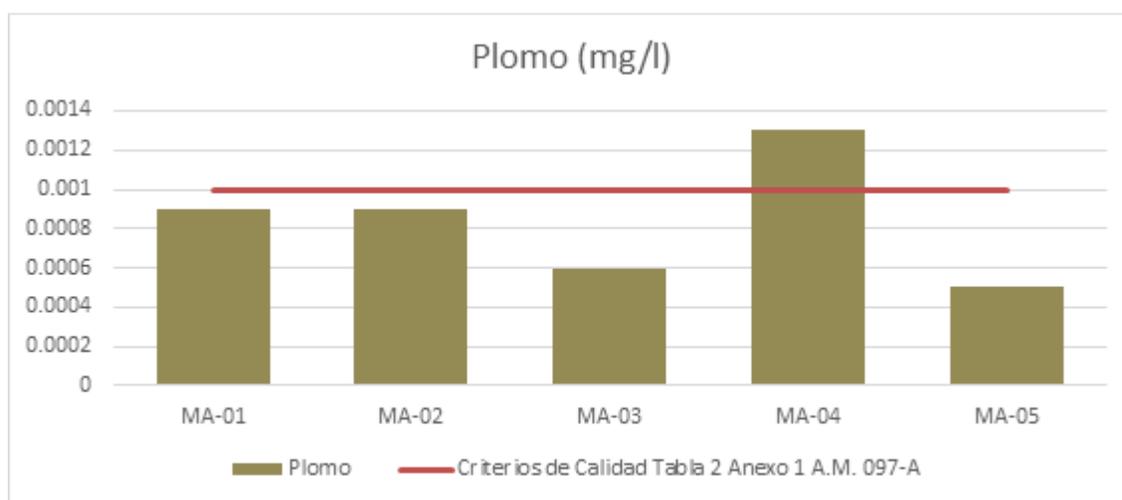
Fuente: Informes de Laboratorio Gruentec, septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

### Plomo

El plomo es un metal pesado de origen natural que se encuentra en la corteza terrestre. Parte del plomo se libera en el medio ambiente a través de procesos geofísicos como la meteorización de las rocas y la actividad volcánica (Organización Mundial de la Salud, 2022).

El plomo proviene de la fabricación de acumuladores eléctricos, baterías, pigmentos, explosivos, reactivos químicos, compuestos para soldadura, gasolina y aguas residuales (industriales, negras y grises) (ATSDR D. d., 2005).

La muestra MA-04 presenta un valor de plomo sobre el criterio de calidad establecido en la Tabla 2 del Anexo 1 del A. M. 97A, correspondiente a 0,001 mg/L. La presencia de este metal puede estar asociado a las condiciones naturales del área o actividades antrópicas como descargas domésticas (residuales), industriales, etc.



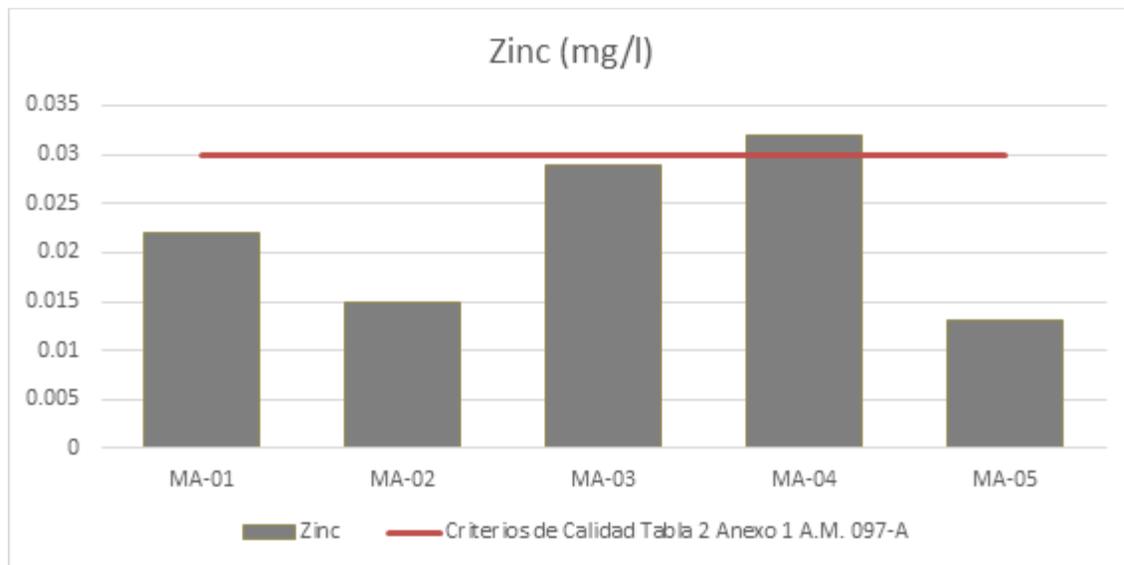
**Figura 3-44 Análisis de Resultados de Muestra Compuesta de Calidad de Agua (plomo)**

Fuente: Informes de Laboratorio Gruentec, septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

## Zinc

El zinc es un elemento que se encuentra naturalmente en la corteza terrestre y puede ser transportado por procesos geológicos y naturales al agua de los ríos. Además, las actividades humanas, como la minería y la agricultura, pueden introducir zinc en los cuerpos de agua como resultado de la erosión y la escorrentía.

Como se puede apreciar en la Tabla 3-35 y en la Tabla 3-73, la muestra de agua MA-04 presenta valores sobre el rango de calidad establecidos en la Tabla 2 del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A, se aduce que esta concentración se atribuye a condiciones naturales del sector y/o actividades humanas en los alrededores (agricultura).



**Figura 3-45 Análisis de Resultados de Muestra Compuesta de Calidad de Agua (zinc)**

Fuente: Informes de Laboratorio Gruentec, septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

## Cloro Residual

Como se puede observar en la Tabla 3-42, el laboratorio encomendado para la toma y análisis de muestras compuestas de agua presentó resultados de parámetro cloro residual en el límite de acreditación del SAE en todas las muestras analizadas; condición que no permite la comparación de estos datos con los criterios de calidad de agua que indica la Tabla 2 del Anexo 1 del A. M. 097-A.

Adicional a lo anteriormente indicado, mediante carta ciudadano Nro. CIUDADANO-CIU-2023-47127 de 17 de octubre de 2023 se solicita al Servicio de Acreditación Ecuatoriana (SAE) indique los laboratorios acreditados en el parámetro cloro residual con un rango inferior al límite máximo permisible establecido la normativa ambiental. Al respecto, mediante oficio No. SAE-DAL-2023-0430-OF de 06 de noviembre de 2023 el SAE indica que dispone de laboratorios acreditados para la determinación de cloro residual en agua natural, sin embargo, no responde si estos laboratorios acreditan los límites de detección de la normativa (Anexo. C Documentos de Respaldo, C.1 Físico, C.1.8 Consulta SAE).

Con el fin de que el parámetro cloro residual posea resultados evaluables con los criterios de calidad establecidos en la Tabla 2 del Anexo 1 del A. M. 097 A, en el Plan de Monitoreo Ambiental se incluye la siguiente medida “Los análisis de los muestreos de agua y suelo deberán ser realizados por laboratorios acreditados en parámetros y límites de detección, que permitan identificar el cumplimiento de los criterios de calidad o límites máximos permisibles establecidos en normativa”.

### **3.1.15.7 Conclusiones**

- > Las muestras se analizaron conforme los criterios de calidad detallados en la Tabla 2 “Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios” del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A, basado en lo estipulado en el Acuerdo Ministerial 100-A. Las muestras analizadas indican el cumplimiento en algunos de los parámetros analizados, como se puede observar en la Tabla 3-73; sin embargo, los valores obtenidos del análisis del laboratorio de los parámetros: pH, aluminio, hierro, plomo y zinc presentan valores fuera de los criterios de calidad establecidos en la normativa ambiental.
- > Como se detalla en el análisis específico, en cuanto a los parámetros que sobrepasan los criterios de calidad establecidos en la normativa ambiental vigente, se puede indicar que el pH presenta mediciones ácidas a razón de procesos naturales de descomposición de materia orgánica (vegetación) que dan lugar a ácidos húmicos y/o fúlvicos.
- > Los metales identificados forman parte de la composición de los suelos del área de estudio, por tanto, mediante refluotación de sedimentos, la concentración de estos elementos queda diluida en los cuerpos de agua que, de alguna manera durante las diferentes temporalidades, al no tener un caudal representativo, permanecen estancadas.

### **3.1.16 Paisaje Natural**

Se puede describir un paisaje por sus rasgos característicos o definirlo refiriéndose a las condiciones en las cuales se formó, así como a aquellas que determinan su evolución actual ante nuestros ojos. Los elementos pueden ser: la vegetación o sus sistemas de explotación, la estructura geológica o topográfica, el clima actual o el balance de la evolución climática anterior, los escurrimientos y el drenaje, el suelo, así como otros más o menos primordiales por la anterioridad cronológica o la anterioridad causal en un sistema interactivo (Winckell et al., 1997).

En base a la revisión bibliográfica del Centro Ecuatoriano de Investigación Geográfica, en su libro “Los Paisajes Naturales del Ecuador; las Regiones y Paisajes de Ecuador”, el área de estudio pertenece a los paisajes de la Amazonía ecuatoriana, entre ellos valles con terrazas no diferenciadas (unidad 275) y colinas bajas orientales (unidad 273), como se puede observar en la Figura 3-46.

#### **3.1.16.1 Valles con Terrazas No Diferenciadas**

Estas terrazas son con frecuencia ligeramente más elevadas que los niveles medios y de las capas acuíferas, pero siempre están bajo la amenaza de fluctuaciones periódicas debido a empapamientos o a inundaciones. La subida de las capas, el desborde de las aguas fluviales y la acumulación de las aguas provenientes del escurrimiento sobre las superficies periféricas no están drenadas. Los perfiles están marcados por la hidromorfología, por 10 metros en profundidad (Winckell et al., 1997).

En la depresión periandina, donde las aguas se extienden y los valles se ensanchan, el complejo fluvial toma amplitud. Solo excepcionalmente se observa el *bedrock* y los guijarros duros. Los valles están tallados en un material meteorizado de naturaleza y de edad indefinibles, una alterita arcillo-arenosa abigarrada de rojo y gris, a veces verduzca, alternando con bancos de grauwacas friables o con arenas volcánicas compactadas parcialmente meteorizadas (Winckell et al., 1997).

La Figura 3-46 muestra que mientras más se baja, más se extiende a lo ancho el dominio del complejo fluvial. Esta expansión corresponde a la erosión de las plataformas interfluviales en cuya superficie los ríos divagaron anteriormente. Estos se ubicaron finalmente entre dos diques de orillas, en carga con relación al centro de los interfluvios donde se forman las depresiones pantanosas (Winckell et al., 1997).

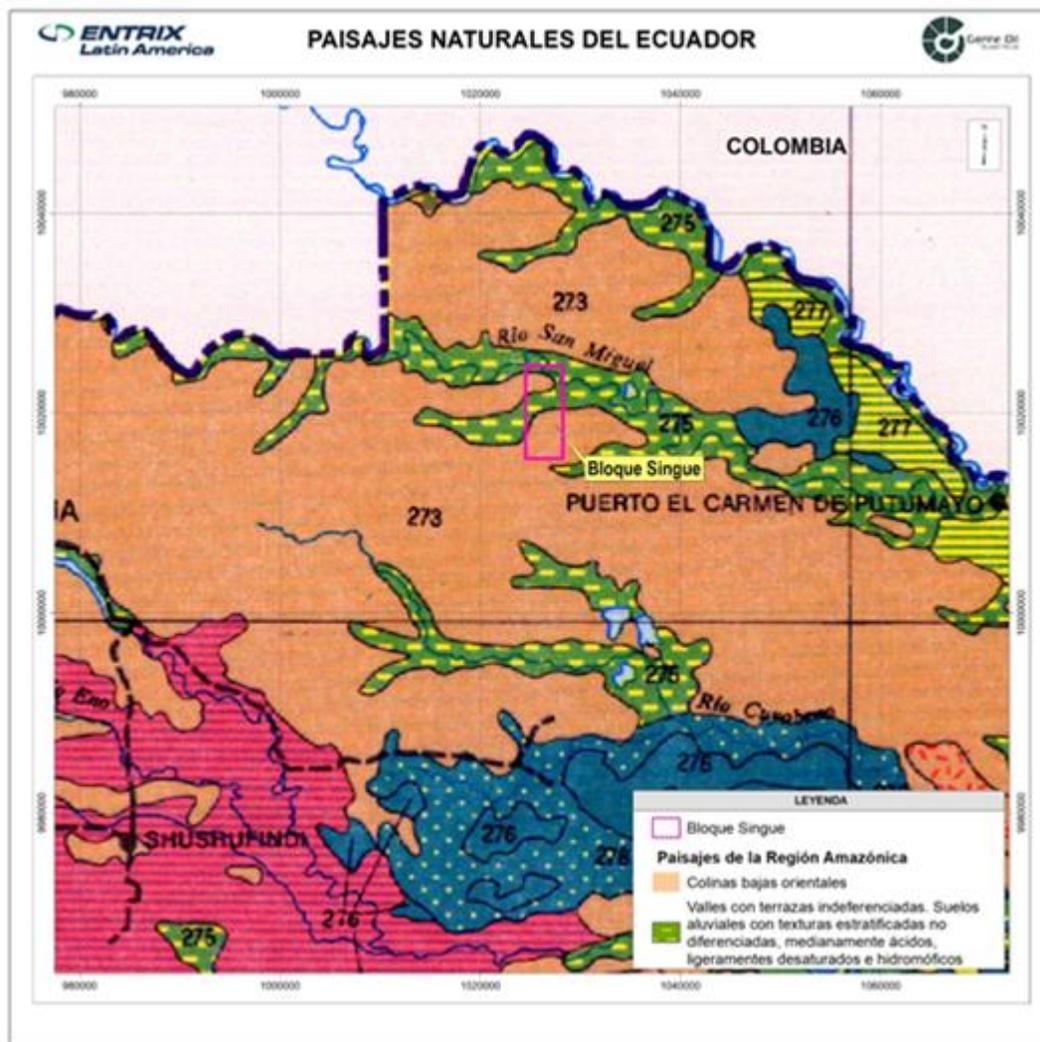
La unidad 275 está caracterizada por el predominio de las terrazas aluviales más altas de los valles, generalmente fuera del alcance de las aguas e indiferenciada a este nivel desde el punto de vista de la

estratificación de los depósitos, de la naturaleza de estos estratos y del grado de evolución pedogenético que los afecta (Winckell et al., 1997).

### **3.1.16.2 Colinas Bajas Orientales**

Estas forman el paisaje más común, o se podría decir el más característico de la Amazonía ecuatoriana. Bajo su aspecto más típico, se trata de conjuntos de pequeños relieves con escasos desniveles (10 a 20 m), convexos, con pendiente baja (menos de 40 %), iguales y nivelados entre sí (unidad 273) (Winckell et al., 1997).

Las colinas ocupan las zonas de afloramiento de arcillas, areniscas y pelitas tobáceas de las series miopliocenas (Araujo, Curaray y Chambira). Estas colinas estaban cubiertas por bosques húmedos, densos y “vírgenes”. En términos generales, la explotación petrolera y la infraestructura abrieron su acceso a todos, donde la colonización y el desmonte han perturbado estos paisajes con el pasar de los años (Winckel et al., 1997).



**Figura 3-46 Paisajes del Área de Estudio (bloque Singue)**

Fuente: Centro Ecuatoriano de Investigación Geográfica, en su libro "Los Paisajes Naturales del Ecuador; las Regiones y Paisajes de Ecuador" (Winckell et al., 1997).

### **3.1.16.3 Interpretación de Paisaje por Componentes Ambientales**

Conceptualmente, se define al paisaje como "una parte del espacio sobre la superficie terrestre que comprende un estudio de las relaciones de los ecosistemas presentes y constituye una entidad reconocible".

La evaluación del paisaje no solo comprende la interacción de los elementos naturales, sino su relación con los elementos antrópicos. El paisaje es un elemento dinámico, permanece en continua evolución y transformación, aunque esta no sea perceptible. Su característica dinámica depende de procesos naturales del medio biótico y abiótico y procesos antrópicos, considerando al hombre como un componente elemental de la naturaleza. A pesar de esta influencia, las dinámicas a largo plazo tienden a restaurar el equilibrio causado por cambios bruscos y llevar el conjunto a fases más estables (C. Troll-1971; Zonneveld-1979).

El propósito de este análisis es lograr una recopilación de todos los componentes físicos, biológicos y culturales en el área de estudio. Estos componentes incluyen: geología, geomorfología, suelos, hidrología, flora, fauna, uso de suelo y arqueología.

La metodología utilizada es la de Canter (Environmental Impact Assessment, 1996, Capítulo 13, Predicción y estudios de impactos visuales), que se basa en información colectada en campo, a la cual se le da una valoración de:

- > 3 = alta
- > 2 = media
- > 1 = baja
- > 0 = ninguna

En base a la valoración, se analizan los siguientes componentes:

### 3.1.16.3.1 Estado Natural

Esta es una medida que evalúa la cercanía de cada componente al estado natural sin cambios antrópicos. Cualitativamente, una calificación Alta implica que no existen cambios antrópicos significativos; Media, que hay evidencia de algunos cambios significativos; y, Baja que el componente ha sido visiblemente alterado.

### 3.1.16.3.2 Escasez

Esta es una medida que evalúa la rareza de un componente estético dentro del contexto del ambiente donde ocurra. Alta significa que el componente estético no es común en la región. Media significa que el componente estético está presente y no es raro. Baja significa que el componente estético es común.

### 3.1.16.3.3 Estética

Es una medida que evalúa la apreciación y las consideraciones sobre la calidad sensorial del componente (sentidos), especialmente la capacidad de agrado hacia el observador. Es importante decir que la cuantificación de esta variable es subjetiva, ya que dependerá del criterio y conocimiento que tenga el observador sobre el área analizada. Un valor Alto significa que el valor visual es considerado muy atractivo. Medio significa que el valor visual es considerado atractivo. Bajo significa que el valor visual no tiene una significancia especial para el observador.

### 3.1.16.3.4 Importancia para la Conservación

Es una medida que evalúa la importancia para la conservación de la zona, incluyendo su relevancia turística, histórica, arqueológica, ecológica o de interés arquitectónico. Una calificación cuantitativa Alta significa que es un área muy importante para la conservación (como parques nacionales, reservas, bosques protectores). Media significa que es un área importante para la conservación (como pantanos y bosques maduros). Baja significa que son áreas intervenidas.

### 3.1.16.3.5 Resultados

En la siguiente tabla se presenta un resumen de la valoración de las características del paisaje, que muestra un promedio de la valoración considerada por cada especialista.

**Tabla 3-74 Valoración del Paisaje**

| Factores       | Componentes              |            |       |       |             | Resumen de Componentes |
|----------------|--------------------------|------------|-------|-------|-------------|------------------------|
|                | Geología y Geomorfología | Hidrología | Flora | Fauna | Arqueología |                        |
| Estado Natural | 2                        | 2          | 1,5   | 1,5   | 2           | 1,8                    |

|                                  |             |             |             |             |            |            |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|
| Escasez                          | 2           | 2           | 2           | 2           | 1          | 1,8        |
| Estética                         | 3           | 2           | 2           | 2           | 1          | 2          |
| Importancia para la conservación | 2           | 2           | 2           | 2           | 2          | 2          |
| <b>General</b>                   | <b>2,25</b> | <b>2,00</b> | <b>1,88</b> | <b>1,88</b> | <b>1,5</b> | <b>1,9</b> |

Fuente y elaboración Entrix, septiembre 2023

### 3.1.16.3.6 Análisis de la Valoración del Paisaje

#### Estado Natural

La fisiografía del área en estudio se caracteriza por presentar tres tipos de paisajes geomorfológicos bien definidos: el de colinas muy bajas y bajas, colinas medias y valles fluviales, las geoformas indicadas presentan intervención antrópica debido a asentamientos humanos sobre dichos paisajes para usos agropecuarios.

El uso del suelo es de correcto a factible-correcto, en vista de que más del 50 % está cubierto por bosque; áreas de cultivos y pastos de autoconsumo, así como bosque secundario.

En cuanto a la hidrología, presenta grandes pendientes que sirven de drenajes naturales, permitiendo la formación de flujos laminares de agua en la parte baja.

En cuanto a los aspectos biológicos de las áreas de estudio, la mayor parte de estas han sido intervenidas por actividades antrópicas, como agricultura, aunque existen parches de bosque que se encuentran en regeneración.

Dentro del área de estudio no existe presencia de cultura material prehispánica como resultado de la prospección arqueológica en los sitios de interés, dando como resultados índices de sensibilidad Baja.

#### Escasez

Estas geoformas o características superficiales son comunes en la Amazonía de este país, por tal motivo, no es un componente estético raro, pero no deja de ser un atractivo por su condición selvática y natural.

En relación con las geoformas y características superficiales, hidrológicamente, el área de estudio presenta características comunes de la Amazonía, con pendientes poco pronunciadas, áreas mal drenadas y nivel freático que se encuentra entre los 2 y 4 m.

En cuanto a flora y fauna, de las especies identificadas en las áreas de estudio, la mayor parte son comunes y se han adaptado al medio considerando que estas áreas son intervenidas por actividades antrópicas. Sin embargo, no se descarta la presencia de especies que tienen sensibilidad Alta.

#### Estética

A pesar de que la fisiografía de la región es común en la Amazonía del Ecuador, su belleza estética es muy importante, ya que la distingue de las otras regiones naturales del Ecuador.

#### Importancia para la Conservación

Por estar inmersa cerca de áreas protegidas, es muy importante su conservación, pues cualquier afectación a la fisiografía e hidrología de la región generaría un impacto sobre la flora y fauna.

En términos generales, la conservación de material cultural es importante, ya que forma parte del patrimonio del Estado.

### **3.1.16.3.7 Conclusiones**

El área de estudio se ha catalogado a nivel de paisaje con un valor de 1,9 (media) debido a las características geomorfológicas, hidrológicas, bióticas y culturales evidenciadas durante el levantamiento de información de campo, como se detalla en la Tabla 3-74. Es importante señalar que el Plan de Manejo Ambiental está diseñado para las diferentes actividades a ser ejecutadas por el proyecto, el cual mantendrá un enfoque preventivo respecto a los diferentes componentes paisajísticos, velando por su preservación e interacción entre ellos.

### **3.1.17 Fuentes de Contaminación**

#### **3.1.17.1 Alcance**

El alcance técnico contempla inicialmente la revisión de información de informes o inventarios previos realizados por el PRAS (Programa de Reparación Ambiental y Social) del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica y posteriormente realizar un recorrido en campo para verificar la situación actual de las fuentes de contaminación que pueden estar localizadas dentro del área geográfica de este EIA.

#### **3.1.17.2 Metodología**

En términos generales, la identificación se efectuó mediante la revisión bibliográfica preliminar y los recorridos en campo realizados en agosto de 2023.

Mediante Carta Ciudadano Nro. CIUDADANO- CIU-2023-39208 de 1 de septiembre de 2023, Entrix Américas S. A. solicitó al PRAS (Programa de Reparación Ambiental y Social) del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, facilitar la base de datos de fuentes de contaminación y su estado actual registradas dentro del área geográfica del presente estudio (Anexo B. Documentos Oficiales, B7. Fuentes de Contaminación).

#### **3.1.17.3 Resultados**

Mediante oficio Nro. MAATE-PRAS-2023-0275-O de 7 de septiembre de 2023 el Programa de Reparación Ambiental y Social PRAS remitió el registro de fuentes de contaminación y/o pasivos ambientales identificados en el área geográfica, conforme se presenta en la Tabla 3-75 y Figura 3-47 (Anexo B. Documentos Oficiales, B7. Fuentes de Contaminación).

Con la finalidad de identificar la presencia de fuentes de contaminación y/o pasivos ambientales previamente registrados por el PRAS, se ejecutó el recorrido de campo dentro del área geográfica del proyecto.

El mapa de fuentes de contaminación con base en la información oficial proporcionada por el PRAS del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica se ubica en el Anexo A. Cartografía, 3.1-19 FUENTES CONTAMINACION.

Como se puede observar en la Figura 3-47, en el área geográfica del proyecto se ha identificado fuentes de contaminación, aunque estas no se encuentran en las áreas donde se planifica la implantación de la nueva infraestructura. Cabe recalcar que estas fuentes de contaminación no son de responsabilidad de GENTE OIL, sino de EP PETROECUADOR (ver Anexo B. Documentos Oficiales, B7. Fuentes de Contaminación).

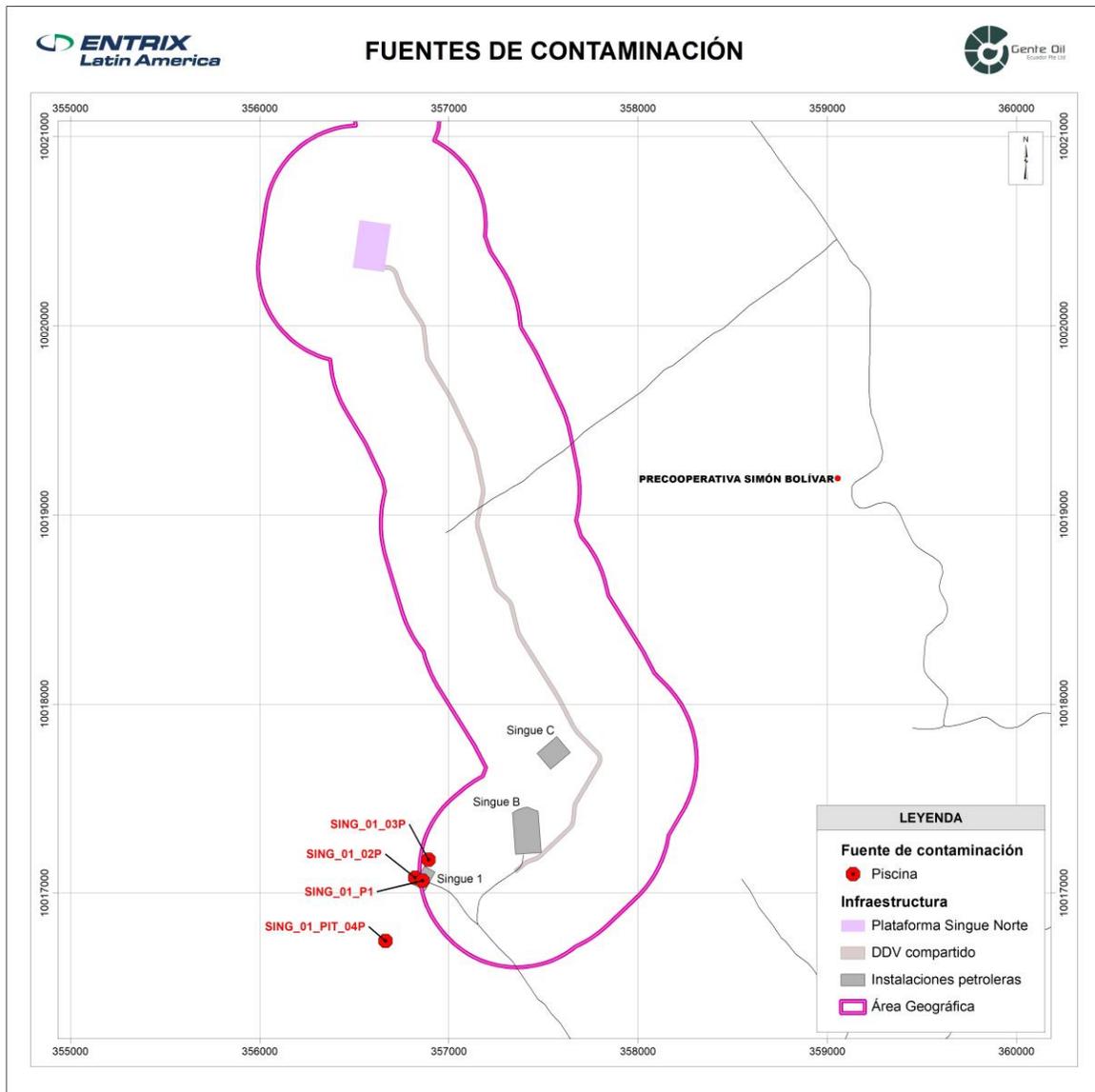
Con base en lo antes indicado, no existe interacción o interferencia del proyecto a licenciar con las fuentes de contaminación detectadas en el área geográfica del proyecto.

**Tabla 3-75 Fuentes de Contaminación Ubicadas en el Área Geográfica**

| Código PRAS     | Tipo    | Estado    | Provincia | Cantón   | Parroquia  | Reproyectado a<br>Coordenadas UTM<br>WGS 84 Zona 18 Sur |          | Nro. Bloque | Bloque |
|-----------------|---------|-----------|-----------|----------|------------|---|----------|-------------|--------|
|                 |         |           |           |          |            | Este  | Norte    |             |        |
| SING_01_PIT_04P | Piscina | Pendiente | Sucumbíos | Putumayo | Sansahuari | 356664  | 10016747 | 53          | Singue |
| SING_01_02P     | Piscina | Pendiente | Sucumbíos | Putumayo | Sansahuari | 356822  | 10017081 | 53          | Singue |
| SING_01_P1      | Piscina | Pendiente | Sucumbíos | Putumayo | Sansahuari | 356860  | 10017066 | 53          | Singue |
| SING_01_03P     | Piscina | Pendiente | Sucumbíos | Putumayo | Sansahuari | 356892  | 10017176 | 53          | Singue |

Fuente: Programa de Reparación Ambiental y Social del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

Página en blanco



**Figura 3-47 Fuentes de Contaminación**

Fuente: Programa de Reparación Ambiental y Social del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, septiembre 2023  
Elaboración: Entrix, septiembre 2023

Página en blanco