

# ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS PEÑAS 2 Y SU LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 KV.

**Elaborado para:**  
HIDROLASPEÑAS S.A.S.

**Elaborado por:**  
INGEA INGENIERIA Y GESTION  
AMBIENTAL S.A.S.



MARZO, 2025

# **CAPÍTULO 4. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LÍNEA BASE**

## **COMPONENTE FÍSICO**

## CONTENIDO

4.1	COMPONENTE FÍSICO .....	4.1-1
4.1.1.	Climatología .....	4.1-1
4.1.1.1.	Precipitación .....	4.1-3
4.1.1.2.	Temperatura.....	4.1-10
4.1.1.3.	Humedad.....	4.1-13
4.1.1.4.	Evaporación.....	4.1-17
4.1.1.5.	Nubosidad.....	4.1-19
4.3.1.6.	Velocidad del viento .....	4.1-21
4.3.1.7.	Resumen de información climática .....	4.1-22
4.3.2.	Ruido ambiental.....	4.1-24
4.3.2.1.	Metodología.....	4.1-24
4.3.2.1.1.	Ubicación .....	4.1-24
4.3.2.1.2.	Resultados .....	4.1-25
4.3.2.2.	Metodología para la Línea de Transmisión 230KV .....	4.1-25
4.3.2.2.1.	Ubicación .....	4.1-26
4.3.2.2.2.	Resultados .....	4.1-26
4.3.3.	Recurso suelo.....	4.1-28
4.3.3.1.	Geología .....	4.1-28
4.3.3.1.1.	Geología regional .....	4.1-28
4.3.3.1.2.	Geología estructural .....	4.1-31
4.3.3.1.3.	Geología local .....	4.1-33
4.3.3.2.	Geomorfología.....	4.1-37
4.3.3.2.1.	Regiones y dominios fisiográficos.....	4.1-37
4.3.3.2.2.	Geoformas .....	4.1-39
4.3.3.2.3.	Estabilidad geomorfológica .....	4.1-47
4.3.3.3.	Sismicidad .....	4.1-49
4.3.3.3.1.	Sismicidad en las fuentes de la interfase.....	4.1-50
4.3.3.3.2.	Sismicidad en las fuentes de corticales.....	4.1-51
4.3.3.3.3.	Sismicidad en las fuentes profundas o slab.....	4.1-53
4.3.3.4.	Hidrogeología .....	4.1-55
4.3.3.4.1.	Hidrogeología Regional.....	4.1-55
4.3.3.4.2.	Hidrogeología local .....	4.1-58
4.3.3.5.	Edafología.....	4.1-60

4.3.3.5.1.	Suelos en la región amazónica.....	4.1-61
4.3.3.5.2.	Taxonomía de suelos según el orden, sub – orden y Gran grupo.....	4.1-61
4.3.3.6.	Análisis calidad de suelo.....	4.1-65
4.3.3.6.1.	Metodología .....	4.1-65
4.3.3.6.2.	Ubicación .....	4.1-65
4.3.3.6.3.	Resultados .....	4.1-66
4.3.3.6.4.	Metodología para la Línea de Transmisión.....	4.1-69
4.3.3.6.5.	Ubicación .....	4.1-69
4.3.3.6.6.	Resultados .....	4.1-70
4.3.3.7.	Uso de suelo.....	4.1-75
4.3.3.8.	Conclusiones.....	4.1-78
4.3.4.	Recurso aire .....	4.1-80
4.3.4.1.	Análisis calidad de aire .....	4.1-80
4.3.4.1.1.	Metodología .....	4.1-80
4.3.4.1.2.	Ubicación .....	4.1-80
4.3.4.1.3.	Resultados .....	4.1-81
4.3.4.1.4.	Metodología para la Línea de Transmisión.....	4.1-82
4.3.4.1.5.	Ubicación .....	4.1-83
4.3.4.1.6.	Resultados .....	4.1-84
4.3.5.	Recurso agua .....	4.1-87
4.3.5.1.	Hidrología.....	4.1-87
4.3.5.1.1.	Identificación de unidades hidrográficas .....	4.1-87
4.3.5.1.1.1.	Metodología .....	4.1-87
4.3.5.1.1.2.	Resultados .....	4.1-88
4.3.5.1.1.2.1.	Características de los suelos y cobertura vegetal .....	4.1-90
4.3.5.1.1.2.2.	Parámetros físicos y morfométricos de la cuenca .....	4.1-91
4.3.5.1.1.2.3.	Determinación de precipitación media .....	4.1-93
4.3.5.1.2.	Determinación de caudales.....	4.1-96
4.3.5.1.2.1.	Caudales medios.....	4.1-96
4.3.5.1.2.2.	Curva de duración general.....	4.1-98
4.3.5.1.2.3.	Curva de variación estacional.....	4.1-99
4.3.5.1.2.4.	Caudales máximos.....	4.1-101
4.3.5.2.	Análisis calidad de agua.....	4.1-101
4.3.5.2.1.	Metodología .....	4.1-102
4.3.5.2.2.	Ubicación .....	4.1-102
4.3.5.2.3.	Resultados .....	4.1-103

4.3.5.2.4.	Metodología para la Línea de Transmisión.....	4.1-107
4.3.5.2.5.	Ubicación .....	4.1-107
	4.1-108	
4.3.5.2.6.	Resultados .....	4.1-109
4.3.6.	Campos electromagnéticos .....	4.1-114
4.3.6.1.	Metodología.....	4.1-114
4.3.6.2.	Ubicación.....	4.1-114
4.3.6.3.	Resultados.....	4.1-115
4.3.6.4.	Metodología para la Línea de Transmisión 230KV .....	4.1-116
4.3.6.5.	Ubicación.....	4.1-116
4.3.6.6.	Resultados.....	4.1-119
4.3.7.	Recuso paisajístico .....	4.1-125
4.3.7.1.	Metodología.....	4.1-125
4.3.7.2.	Resultados.....	4.1-128

## FIGURAS

Figura 4.1-1.	Mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarias del Ecuador .....	4.1-32
Figura 4.1-2.	Relieve colinado alto – 25/abr/2024 – Tutupali .....	4.1-45
Figura 4.1-3.	Relieve colinado medio – 25/abr/2024 – Tutupali .....	4.1-46
Figura 4.1-4.	Sismicidad en las fuentes de la interfase .....	4.1-51
Figura 4.1-5.	Sismicidad en las fuentes corticales .....	4.1-53
Figura 4.1-6.	Sismicidad en las fuentes sísmicas profundas o slab.....	4.1-54
Figura 4.1-7.	Mapa hidrogeológico del área de estudio del proyecto .....	4.1-60
Figura 4.1-8.	Mapa edafológico del proyecto .....	4.1-64
Figura 4.1-9.	Mapa de muestreos de suelo .....	4.1-66
Figura 4.1-10.	Mapa de muestreos de suelo .....	4.1-70
Figura 4.1-11.	Mapa cobertura y uso de suelo del proyecto .....	4.1-78

Figura 4.1-12. Mapa de muestreos de calidad de aire.....	4.1-81
Figura 4.1-13. Mapa de muestreos de calidad de aire.....	4.1-84
Figura 4.1-14. Mapa uso de suelo de la cuenca de del río Yacuchingari (499889).....	4.1-91
Figura 4.1-15. Precipitación Media método Polígono de Thiessen.....	4.1-94
Figura 4.1-16. Precipitación media método de Isoyetas .....	4.1-95
Figura 4.1-17. Mapa muestreos de calidad de agua.....	4.1-103
Figura 4.1-18. Mapa muestreos de calidad de agua.....	4.1-108
Figura 4.1-19. Mapa muestreo de campos electromagnéticos .....	4.1-115
Figura 4.1-20. Mapa muestreo de campos electromagnéticos .....	4.1-118

## GRÁFICOS

Gráfico 4.1-1. Precipitación media mensual 2000 - 2016 (M0189).....	4.1-5
Gráfico 4.1-2. Precipitación media mensual 1999 - 2017 (M0432).....	4.1-7
Gráfico 4.1-3. Precipitación media mensual 2000 - 2016 (TRMM) .....	4.1-9
Gráfico 4.1-4. Comparación de datos - Precipitación .....	4.1-10
Gráfico 4.1-5. Temperatura media mensual 2000 - 2016 (M0189) .....	4.1-12
Gráfico 4.1-6. Temperatura media mensual 2000 - 2016 (MERRA-2).....	4.1-13
Gráfico 4.1-7. Humedad relativa mensual 2001 - 2013 (M0189).....	4.1-15
Gráfico 4.1-8. Humedad Relativa Anual en la Estación Gualaquiza (M0189) .....	4.1-15
Gráfico 4.1-9. Humedad relativa media mensual 2003 – 2015 (AIRS) .....	4.1-16
Gráfico 4.1-10. Evaporación media mensual 2000-2013 (M0189).....	4.1-19

Gráfico 4.1-11. Nubosidad media mensual 2000-2013 (M0189) .....	4.1-21
Gráfico 4.1-12. Velocidad media mensual del viento 2000-2013 (M0189).....	4.1-22
Gráfico 4.1-13. Perfil longitudinal de río Yacuchingari .....	4.1-92
Gráfico 4.1-14. Variación estacional de la precipitación .....	4.1-96
Gráfico 4.1-15. Correlación Precipitación Caudal Yacuambi en La Paz - Yacuambi en Tutupali .	4.1-97
Gráfico 4.1-16. Curva de Duración General, sitio de captación .....	4.1-99
Gráfico 4.1-17. Curva de Variación estacional.....	4.1-100

## TABLAS

Tabla 4.1-1. Datos generales de las estaciones meteorológicas identificadas .....	4.1-1
Tabla 4.1-2. Precipitación media mensual y anual - Estación Gualaquiza (M0189).....	4.1-4
Tabla 4.1-3. Precipitación media mensual y anual - Estación Nabón (M0432) .....	4.1-5
Tabla 4.1-4. Precipitación media mensual y anual en el área geográfica del proyecto - TRMM .....	4.1-7
Tabla 4.1-5. Comparación de datos de precipitación .....	4.1-10
Tabla 4.1-6. Temperatura media anual y mensual – Estación Gualaquiza (M0189).....	4.1-11
Tabla 4.1-7. Temperatura anual y mensual en el área geográfica del proyecto – MERRA-2 .....	4.1-12
Tabla 4.1-8. Humedad relativa media mensual y anual – Estación Gualaquiza (M0189).....	4.1-14
Tabla 4.1-9. Humedad relativa media mensual y anual en el área geográfica del proyecto - AIRS	4.1-16
Tabla 4.1-10. Evaporación media mensual y anual – Estación Gualaquiza (M0189) .....	4.1-18
Tabla 4.1-11. Nubosidad media mensual y anual – Estación Gualaquiza (M0189).....	4.1-19
Tabla 4.1-12. Velocidad media mensual y anual del viento – Estación Gualaquiza (M0189) .....	4.1-21

Tabla 4.1-13. Resumen de la información climática anual .....	4.1-23
Tabla 4.1-14. Ubicación de los puntos de muestreo - Ruido .....	4.1-24
Tabla 4.1-15. Resultados de muestreo – Ruido diurno .....	4.1-25
Tabla 4.1-16. Ubicación de los puntos de muestreo – Ruido-Línea de Transmisión 230KV.....	4.1-26
Tabla 4.1-17. Resultados de muestreo – Ruido-Línea de Transmisión 230KV .....	4.1-27
Tabla 4.1-18. Resultados de muestreo – Ruido-Línea de Transmisión 230KV .....	4.1-27
Tabla 4.1-19. Formaciones geológicas Morona Santiago .....	4.1-29
Tabla 4.1-20. Formaciones geológicas Zamora Chinchipe.....	4.1-30
Tabla 4.1-21. Formaciones geológicas presentes en el área de estudio .....	4.1-33
Tabla 4.1-22. Contextos morfológicos del cantón Yacuambi, Yantzaza, El Pangui y Gualaquiza	4.1-37
Tabla 4.1-23. Geoformas presentes en el área de estudio. ....	4.1-39
Tabla 4.1-24. Características de la sismicidad en las fuentes de la interfaz .....	4.1-51
Tabla 4.1-25. Características de la sismicidad en las fuentes corticales .....	4.1-53
Tabla 4.1-26. Características de la sismicidad en las fuentes profundas o slab .....	4.1-54
Tabla 4.1-27. Matriz de Litopermeabilidades .....	4.1-55
Tabla 4.1-28. Cronología de Estudio de Suelos.....	4.1-61
Tabla 4.1-29. Taxonomía de suelo del área de estudio .....	4.1-61
Tabla 4.1-30. Ubicación de los puntos de muestreo – Calidad de suelo .....	4.1-65
Tabla 4.1-31. Resultados de muestreo – Suelo S-3.....	4.1-66
Tabla 4.1-32. Resultados de muestreo – Suelo S-4.....	4.1-67
Tabla 4.1-33. Ubicación de los puntos de muestreo – Calidad de suelo - Línea de Transmisión...	4.1-69
Tabla 4.1-34. Resultados de muestreo – Suelo S3.....	4.1-70

Tabla 4.1-35. Resultados de muestreo – Suelo S2.....	4.1-72
Tabla 4.1-36. Resultados de muestreo – Suelo S1.....	4.1-73
Tabla 4.1-37. Leyenda cobertura y uso de suelo .....	4.1-75
Tabla 4.1-38. Cobertura y uso de suelo del área de estudio.....	4.1-76
Tabla 4.1-39. Ubicación de los puntos de muestreo – Calidad de aire.....	4.1-80
Tabla 4.1-40. Resultados de muestreo - Calidad del aire.....	4.1-81
Tabla 4.1-41. Ubicación de los puntos de muestreo – Calidad de aire.....	4.1-83
Tabla 4.1-42. Resultados de muestreo - Calidad del aire CA1 .....	4.1-84
Tabla 4.1-43. Resultados de muestreo - Calidad del aire CA2 .....	4.1-86
Tabla 4.1-44. Unidades hidrográficas.....	4.1-89
Tabla 4.1-45. Precipitación media polígono de Thiessen .....	4.1-93
Tabla 4.1-46. Precipitación media método de Isoyetas.....	4.1-94
Tabla 4.1-47. Correlación Precipitación Caudal.....	4.1-96
Tabla 4.1-48. Caudales medios en el sitio de captación.....	4.1-98
Tabla 4.1-49. Caudales característicos, sitio de captación.....	4.1-99
Tabla 4.1-50. Caudales Característicos de Variación Estacional, Sitio de Captación .....	4.1-100
Tabla 4.1-51. Caudales Máximos para Períodos de Retorno, sitio de Captación.....	4.1-101
Tabla 4.1-52. Ubicación de los puntos de muestreo - Agua .....	4.1-102
Tabla 4.1-53. Resultados de muestreo – Agua A-3 .....	4.1-103
Tabla 4.1-54. Resultados de muestreo – Agua A-4 .....	4.1-105
Tabla 4.1-55. Ubicación de los puntos de muestreo - Agua .....	4.1-108
Tabla 4.1-56. Resultados de muestreo – Agua A 3.....	4.1-109

Tabla 4.1-57. Resultados de muestreo – Agua A 4.....	4.1-110
Tabla 4.1-58. Resultados de muestreo – Agua A 2.....	4.1-111
Tabla 4.1-59. Resultados de muestreo – Agua A 1.....	4.1-112
Tabla 4.1-60. Ubicación de los puntos de muestreo – Campos electromagnéticos .....	4.1-114
Tabla 4.1-61. Resultados de muestreo – Campos electromagnéticos.....	4.1-115
Tabla 4.1-62. Ubicación de los puntos de muestreo – Campos electromagnéticos .....	4.1-118
Tabla 4.1-63. Resultados de muestreo <b>RNI 3</b> – Campos electromagnéticos-Intensidad Campo Electrico. .....	4.1-119
Tabla 4.1-64. Resultados de muestreo <b>RNI 3</b> – Campos electromagnéticos-Intensidad Campo Magnético .....	4.1-119
Tabla 4.1-65. Resultados de muestreo <b>RNI 3</b> – Campos electromagnéticos-Densidad de Flujo Magnético .....	4.1-120
Tabla 4.1-66. Resultados de muestreo <b>RNI 4</b> – Campos electromagnéticos-Intensidad Campo Electrico. .....	4.1-120
Tabla 4.1-67. Resultados de muestreo <b>RNI 4</b> – Campos electromagnéticos-Intensidad Campo Magnético .....	4.1-121
Tabla 4.1-68. Resultados de muestreo <b>RNI 4</b> – Campos electromagnéticos-Densidad de Flujo Magnético .....	4.1-121
Tabla 4.1-69. Resultados de muestreo <b>RNI 2</b> – Campos electromagnéticos-Intensidad Campo Electrico. .....	4.1-122
Tabla 4.1-70. Resultados de muestreo <b>RNI 2</b> – Campos electromagnéticos-Intensidad Campo Magnético .....	4.1-122
Tabla 4.1-71. Resultados de muestreo <b>RNI 2</b> – Campos electromagnéticos-Densidad de Flujo Magnético .....	4.1-123
Tabla 4.1-72. Resultados de muestreo <b>RNI 1</b> – Campos electromagnéticos-Intensidad Campo Electrico. .....	4.1-123

Tabla 4.1-73. Resultados de muestreo <b>RNI 1</b> – Campos electromagnéticos-Intensidad Campo Magnético .....	4.1-124
Tabla 4.1-74. Resultados de muestreo <b>RNI 1</b> – Campos electromagnéticos-Densidad de Flujo Magnético .....	4.1-125
Tabla 4.1-75. Criterios de valoración y puntuación para evaluar la calidad visual del paisaje. ...	4.1-126
Tabla 4.1-76.Escala de valoración de calidad visual del paisaje.....	4.1-127
Tabla 4.1-77. Resultados - criterios de evaluación y puntuación- .....	4.1-128

## 4.1 COMPONENTE FÍSICO

### 4.1.1. Climatología

Según el MAATE la climatología es el conjunto de elementos propios de cada lugar, localidad o región que se presentan en periodos largos de tiempo y que reflejan la frecuencia y cantidad de lluvias, temperatura, humedad, vientos, nubosidad, etc., que caracterizan a los territorios en diferentes épocas del año (Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2018).

El clima de la región se caracteriza por la presencia de lluvias a lo largo de todo el año. Varía desde el frío húmedo de las partes altas, de las estribaciones de la cordillera de los Andes, pasando por subtropicales y tropicales húmedos de la planicie amazónica.

De acuerdo con información proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), el área de estudio del proyecto presenta un clima húmedo con pequeño déficit de agua, Mesotérmico templado cálido.

Ver ANEXO 10.4. Mapas temáticos - 04\_Mapas climáticos.

En Ecuador, el INAMHI analiza las condiciones climatológicas durante los meses de enero a diciembre y es la única entidad técnico-científica con la capacidad de generar y difundir información acerca del tiempo, clima e hidrología, mediante sus estaciones meteorológicas e hidrológicas activas y en funcionamiento.

Para determinar las condiciones climáticas del área de influencia del proyecto, se utilizaron las estadísticas existentes provienen de estaciones meteorológicas cercanas al área geográfica del PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS PEÑAS 2 Y SU LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 KV.

Tabla 4.1-1. Datos generales de las estaciones meteorológicas identificadas

DATOS GENERALES DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS						
Código	Estación	Tipo	Coordenadas		Elevación	Periodo de información
			Latitud	Longitud		
M 189	Gualaquiza	PV	03° 24' 3,4" S	78° 34' 39,3" W	750	2000 - 2017
M 190	Yanzatza	PV	03° 46' 27,9" S	78° 44' 32,3" W	830	2001 - 2016
M 420	Nabón	PV	03° 20' 21" S	79° 04' 00" W	2750	2000 - 2018
M 502	El Pangui	PV	03° 37' 42" S	78° 35' 24" W	650	2000 - 2018

M 421	Oña	PV	03° 27' 40" S	79° 09' 22,4" W	2372	1990 - 2018
M 432	San Lucas	PV	03° 43' 55" S	79° 15' 41" W	2525	1964 - 2017
M 503	San Francisco	PV	03° 57' 50" S	79° 04' 19" W	1620	1964 - 2018
M 680	Yacuambi 28 de Mayo	PV	03° 38' 00" S	78° 55' 21" W	1400	1975 - 2018
M 681	Yacuambi en Tutupali	PV	03° 31' 31" S	78° 56' 18" W	1360	1979 - 2018
M 682	Paquisha	PV	03° 41' 54" S	78° 43' 52" W	980	1979 - 2018

Fuente: HIDROLASPEÑAS S.A.S., 2023

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

De las estaciones identificadas en los alrededores del área geográfica del proyecto se utilizaron las que cuentan con disponibilidad de datos para un periodo de tiempo de por lo menos 10 años. La razón detrás de esta elección temporal es proporcionar un panorama histórico climático representativo, a incluir las principales variables meteorológicas como precipitación, temperatura, humedad, evapotranspiración, velocidad de viento y nubosidad. Es crucial señalar que la restricción en el rango de años estudiados se debe principalmente a la carencia de anuarios climáticos actualizados y completos disponibles hasta el año 2013, situación que persistía en el momento de elaboración del proyecto.

Después de revisar y analizar detenidamente la información proporcionada por los anuarios meteorológicos y otros datos publicados por el INAMHI y otras fuentes confiables se llevaron a cabo el análisis de los parámetros climáticos de la siguiente manera:

Para el análisis de la precipitación se emplearon los datos recopilados por las estaciones meteorológicas Gualaquiza (M0189) y Nabón (M0420), así como los datos obtenidos del satélite conocido como The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). Este satélite ha estado registrando valores de precipitación desde 1998 hasta 2019, aunque para asegurar la coherencia en el análisis, se seleccionó un período comprendido entre 2000 y 2016. Sin embargo la estación Nabón no presenta datos en el 2000 y 2016 por lo que se optó por incluir información desde 1999 hasta el 2017, a fin de cumplir con un periodo de 17 años. Esta selección permitió una verificación de datos, ya que las estaciones mencionadas disponen de registros de precipitación para ese mismo rango de tiempo.

En cuanto a la temperatura, se emplearon los datos de la estación Gualaquiza (M0189) y los del satélite denominado "The Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Versión 2" (MERRA-2), que ofrece datos desde 1980 hasta 2024. No obstante, se decidió restringir el análisis al

período comprendido entre 2000 y 2016, debido a que la estación de Gualaquiza solo cuenta con registros hasta ese año.

Para el estudio de la humedad relativa, se utilizaron los datos de la estación Gualaquiza (M0189) y del satélite denominado "Atmospheric Infrared Sounder" (AIRS). Este satélite, lanzado el 4 de mayo de 2002 a bordo del Aqua de la NASA, proporciona datos hasta 2024. Sin embargo, el análisis de la humedad se limitó al período de 2001 a 2013 ya que como se ha mencionado anteriormente la estación Gualaquiza solo proporciona datos hasta el 2013 y para AIRS se utilizó un rango desde el 2003 hasta el 2015 ya que existen datos completos a partir del 2003 y se pretende analizar en este caso en lapso de tiempo de 13 años.

La información referente a TRMM, MERRA-2 y AIRS se puede consultar a través del portal Earthdata de la NASA (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>).

En cuanto a la evaporación, nubosidad y velocidad del viento, solo se utilizaron los datos de la Estación Gualaquiza (M0189) durante el período de 2000 a 2013. No se encontró información sobre estos parámetros climatológicos en otras fuentes confiables.

No se encontraron datos sobre Heliofonía en la estación Gualaquiza (M0189) y demás fuentes confiables por lo que no se realizó el análisis de este parámetro.

Es fundamental resaltar que las estaciones elegidas para el análisis climático, de acuerdo con el ex Ministerio de Ambiente (MAE) en 2013, están situadas dentro de una misma categoría bioclimática conocida como PLUVIAL.

Ver ANEXO 10.4. Mapas temáticos - 04\_Mapa climático.

#### **4.1.1.1. Precipitación**

En el ámbito de la meteorología, se define la precipitación como un fenómeno atmosférico que comprende cualquier forma de meteorito que se origina en la atmósfera y alcanza la superficie terrestre. Este fenómeno abarca diversas manifestaciones, como la lluvia, llovizna, nieve y granizo. Es un parámetro que condiciona las características climáticas de una zona y base para gran cantidad de clasificaciones climáticas (Soriano y García, 2020).

Según los datos recolectados por la estación Gualaquiza (M0189) en un lapso de 17 años la precipitación anual promedio es de 1851,5 mm, el año que registra mayor precipitación es el 2016 con 2447,9 mm anuales, mientras que el año de menor precipitación corresponde al 2005 con 1440,20 mm anual cabe recalcar que este año no se registraron valores de precipitación de los meses de noviembre y diciembre.

Tabla 4.1-2. Precipitación media mensual y anual - Estación Gualaquiza (M0189)

M0189	ESTACIÓN GUALAQUIZA												PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)	
	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P. anual (mm/año)
2000	64,6	109,8	147,0	118,1	346,5	229,0	120,9	109,3	222,7	66,2	36,8	84,8	1655,70	
2001	103,8	90,6	158,6	295,7	231,9	311,6	216,2	103,6	140,5	163,8	42,3	115,5	1974,10	
2002	49,8	115,0	123,8	208,8	150,9	200,8	253,8	96,6	93,0	109,8	147,4	92,0	1641,70	
2003	92,4	89,1	146,0	186,2	242,6	276,8	146,8	102,2	74,8	82,8	42,8	95,2	1577,70	
2004	37,6	78,0	175,4	167,0	213,4	358,4	232,6	123,8	90,2	171,6	162,0	132,6	1942,60	
2005	72,0	157,2	69,0	218,5	111,0	303,2	162,4	26,4	129,5	191,0	-	-	1440,20	
2006	137,7	-	156,7	216,0	115,1	248,5	124,6	212,4	134,0	85,4	161,7	190,5	1782,60	
2007	172,7	46,1	113,6	202,5	200,1	251,2	102,8	135,1	111,0	133,8	144,7	104,3	1717,90	
2008	54,8	168,1	167,0	180,5	324,7	245,8	194,3	118,5	162,3	126,8	103,1	72,4	1918,30	
2009	166,9	75,0	93,2	280,0	163,6	201,7	199,4	150,0	81,5	81,4	33,6	129,5	1655,80	
2010	58,4	180,7	68,0	147,3	312,7	203,0	135,5	80,2	113,6	128,2	122,1	106,5	1656,20	
2011	106,4	113,2	65,2	172,7	235,5	186,1	211,9	119,5	174,4	76,7	135,5	186,6	1783,70	
2012	206,4	146,3	162,1	200,4	145,3	272,8	228,6	128,7	91,9	140,2	30,4	91,6	1844,70	
2013	157,6	161,5	146,1	123,2	250,2	314,1	234,7	114,9	156,9	101,1	51,2	100,2	1911,70	
2014	121,0	156,1	221,1	216,0	303,1	-	244,7	131,0	92,4	197,2	86,0	95,0	1863,60	
2015	162,9	110,1	273,4	258,3	161,7	303,4	221,7	76,4	115,7	125,6	140,8	115,2	2065,20	
2016	153,2	216,1	270,0	368,0	344,6	219,8	162,2	184,9	156,2	117,0	157,8	98,1	2447,90	
P. mensual (mm/mes)	112,8	125,8	150,4	209,4	226,6	257,9	187,8	118,4	125,9	123,4	99,9	113,1	1851,5	
Max	206,40	216,10	273,40	368,00	346,50	358,40	253,80	212,40	222,70	197,20	162,00	190,50	2447,90	
Min	37,6	46,1	65,2	118,1	111,0	186,1	102,8	26,4	74,8	66,2	30,4	72,4	1440,2	

Fuente: Anuarios Meteorológicos INAMHI 2000-2016

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

En lo que respecta a los meses con mayores niveles de precipitación, se observa una tendencia ascendente desde enero hasta junio, alcanzando su punto máximo con un promedio mensual multianual de 257,9 mm. Por otro lado, de julio a diciembre, se observa una variación constante, aunque no se alcanzan los niveles registrados durante los meses de enero a junio.

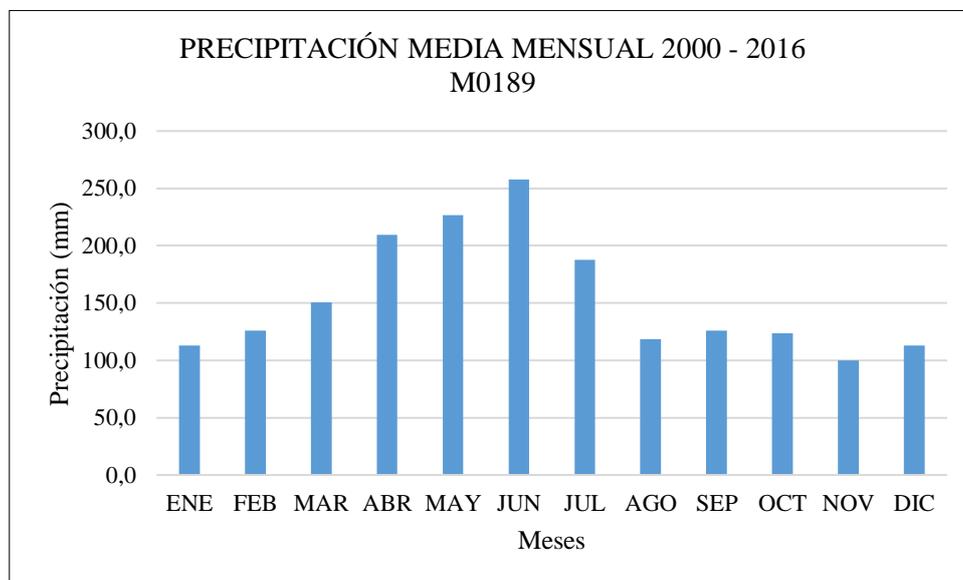


Gráfico 4.1-1. Precipitación media mensual 2000 - 2016 (M0189)

Fuente: Anuarios Meteorológicos INAMHI 2000-2016

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

Por otro lado, los datos recolectados por la estación meteorológica Nabón (M0432), ubicada en la provincia de Loja y la más cercana al área de implantación de la hidroeléctrica, muestran una precipitación anual promedio de 729,9 mm. El año 2008 destaca por registrar la mayor cantidad de precipitación, con un total de 1280,80 mm, mientras que el año 2015 presenta la cifra más baja, con 313,20 mm anuales. Es importante señalar que en este año, solo existen registros de cinco meses, lo que afecta el valor obtenido; la razón por la que no se continuó con el registro de la precipitación es desconocida. Sin embargo si se considera únicamente los años con registros completos, el año 2009 es el que presenta la menor precipitación, alcanzando los 488,90 mm anuales.

Tabla 4.1-3. Precipitación media mensual y anual - Estación Nabón (M0432)

M0420	ESTACIÓN NABON												PRECIPITACIÓN (mm)	
	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total (mm/año)
1999	75,2	183	201,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	459,90

2001				50,5	56	65	2,5	5,8	14,4	21,6	53,8	57,8	327,40
2002	40,9	51,7	78,2	41,2	58,6	36,7	15	15,2	12,2	130	80,2	50,3	610,20
2003	10,4	32,8	118,3	83,9	26,4	51,7	16,2	2,2	32,2	46,6	64,9	39,9	525,50
2004	44,3	23,4	42,8	79	58,4	15,5	15,9	4,3	49,3	46,9	127,5	41,9	549,20
2005	25,5	91,6	166,6	60,7	29,1	14,6	5,5	8	42,3	78,9	24,9	149,3	697,00
2006	75,7	121,9	171,4	100,8	5,3	43,7	2,4	4,6	13,6	23,4	124,6	118,8	806,20
2007	3,3	57,9	86,6	156,3	89	73	10,4	41,8	16,1	60,5	88,3	63,4	746,60
2008	90,5	227,1	123,2	273,1	145,2	45	-	7,9	20,6	114,3	154,1	79,8	1280,80
2009	111,5	51,1	70,9	58,4	68	8,8	0,5	4,5	0,3	40,1	23,2	51,6	488,90
2010	27,1	-	70,2	53,5	66,6	69,2	70,4	8,6	8,5	43,7	-	105,8	523,60
2011	63,8	203,1	124,4	155,1	106	10,7	17,9	5	45	35,5	132	106,7	1005,20
2012	262,7	195,2	64	101,7	24,7	32,9	5,9	15,4	5,1	102,2	73,3	49,3	932,40
2013	48,9	79,7	63,4	-	98,8	18,1	2,7	16,3	18,4	84,7	-	47	478,00
2014	23,4	45	99,6	50,9	115,6	21,3	27,1	4,5	4,5	47	24,9	-	463,80
2015	174,1	6,1	-	55,7	70,8	-	-	6,5	-	-	-	-	313,20
2017	53,9	169,5	112,8	34,9	10,7	12,9	10,6	5,9	5,6	-	-	-	416,80
Precipitación mensual multianual (mm/mes)	70,7	102,6	106,3	90,4	64,3	34,6	14,5	9,8	19,2	62,5	81,0	74,0	729,9
Max	262,7	227,1	201,7	273,1	145,2	73	70,4	41,8	49,3	130	154,1	149,3	1280,8
Min	3,3	6,1	42,8	34,9	5,3	8,8	0,5	2,2	0,3	21,6	23,2	39,9	313,2

Fuente: Anuarios Meteorológicos INAMHI 1999-2017

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

De acuerdo con los registros de la estación Nabon (M0420), marzo registra la precipitación mensual multianual más alta con 106,3 mm/mes, mientras que julio y agosto presentan los valores más bajos, con 14,5 y 9,8 mm/mes respectivamente.

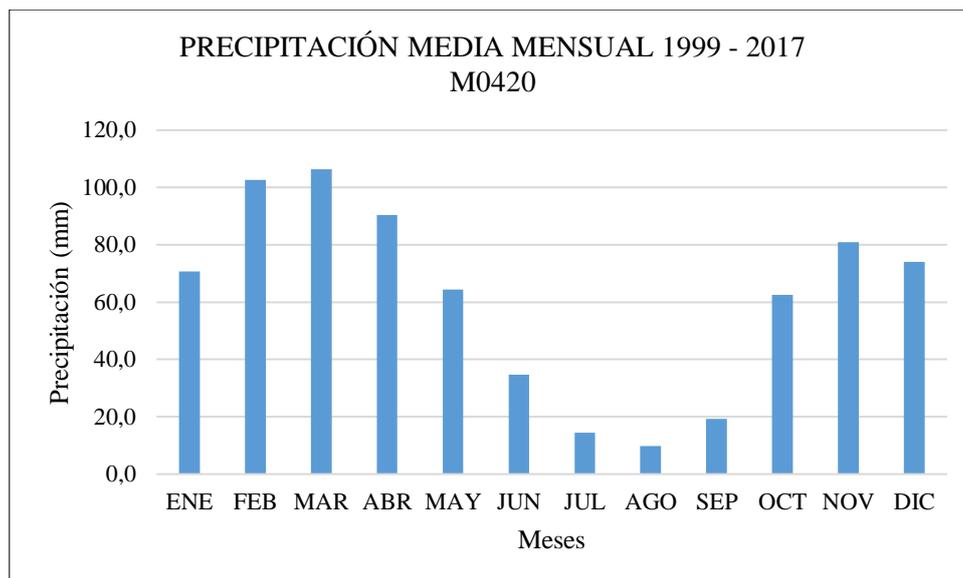


Gráfico 4.1-2. Precipitación media mensual 1999 - 2017 (M0432)

Fuente: Anuarios Meteorológicos INAMHI 2000-2016

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

La información derivada del análisis de las imágenes satelitales TRMM, a través del servidor NASA Giovanni, revela que el promedio de precipitación anual en el área geográfica del PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS PEÑAS 2 Y SU LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 KV durante el período de 2003 a 2016 es de 1531.8 mm por año. El año 2008 destacó por registrar la mayor precipitación, alcanzando los 1785 mm anuales, mientras que en 2009 se registró la menor cantidad de precipitación, con 1279.5 mm anuales

Tabla 4.1-4. Precipitación media mensual y anual en el área geográfica del proyecto - TRMM

Año	TRMM											PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P. anual (mm/año)
2000	127,0	191,9	206,5	179,1	191,0	193,1	132,1	117,0	180,7	52,3	44,9	81,9	1697,2
2001	137,4	95,9	172,2	133,2	152,7	169,8	138,4	106,0	115,9	71,2	109,8	88,2	1490,7
2002	97,3	112,7	147,5	176,4	154,9	159,0	144,0	98,6	90,0	113,0	107,6	121,1	1522,1
2003	83,6	86,0	185,7	172,6	132,8	153,3	143,4	93,3	138,3	109,5	102,0	92,7	1493,1
2004	91,2	115,0	137,4	200,0	141,9	146,4	146,2	96,1	138,1	102,5	158,6	104,7	1578,1
2005	98,0	130,2	237,9	182,1	115,7	156,2	132,0	87,7	98,2	121,2	53,8	168,1	1581,2

2006	166,3	119,3	180,4	143,4	104,0	165,0	125,2	89,8	105,6	63,1	130,6	131,5	1524,2
2007	117,7	50,6	156,1	193,3	157,5	168,1	90,3	147,1	79,3	111,6	166,8	80,5	1519,0
2008	115,3	204,8	240,1	143,5	192,2	161,6	141,2	126,7	109,0	132,0	110,6	108,1	1785,0
2009	156,4	83,4	180,3	140,2	85,4	114,8	89,9	94,3	99,6	80,4	50,0	104,6	1279,5
2010	67,5	108,4	115,1	140,0	149,7	156,8	182,7	81,2	105,2	76,4	95,6	96,0	1374,5
2011	120,5	168,7	144,2	220,7	117,9	137,4	173,9	89,8	124,1	98,7	131,7	126,3	1653,8
2012	210,4	201,7	147,7	181,8	127,9	142,9	130,2	96,9	90,7	108,8	101,2	93,8	1634,0
2013	128,6	134,1	123,6	85,8	193,1	171,1	158,7	104,2	115,8	134,6	50,4	67,2	1467,2
2014	133,5	92,0	192,9	107,6	167,6	159,2	130,1	101,9	92,4	127,1	89,3	73,6	1467,4
2015	148,2	64,1	221,6	116,6	144,7	159,0	154,2	81,6	84,2	84,8	94,6	69,4	1422,9
2016	112,4	98,2	199,3	171,5	134,7	189,2	131,4	84,1	133,7	84,9	80,5	130,6	1550,5
P. mensual (mm/mes)	124,2	121,0	175,8	158,1	144,9	159,0	137,9	99,8	111,8	98,4	98,7	102,3	1531,8
Max	210,4	204,8	240,1	220,7	193,1	193,1	182,7	147,1	180,7	134,6	166,8	168,1	1785,0
Min	67,5	50,6	115,1	85,8	85,4	114,8	89,9	81,2	79,3	52,3	44,9	67,2	1279,5

Fuente: GIOVANNI NASA - TRMM, 2000 – 2016

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

Los meses con menor cantidad de precipitación son agosto, octubre y noviembre, con un promedio mensual multianual de 99.8 mm/mes, 98.4 mm/mes y 98.7 mm/mes, respectivamente. Desde enero hasta julio, se observa una tendencia variable en los niveles de precipitación, pero solo en marzo se alcanza el máximo, con 175.8 mm de precipitación mensual.

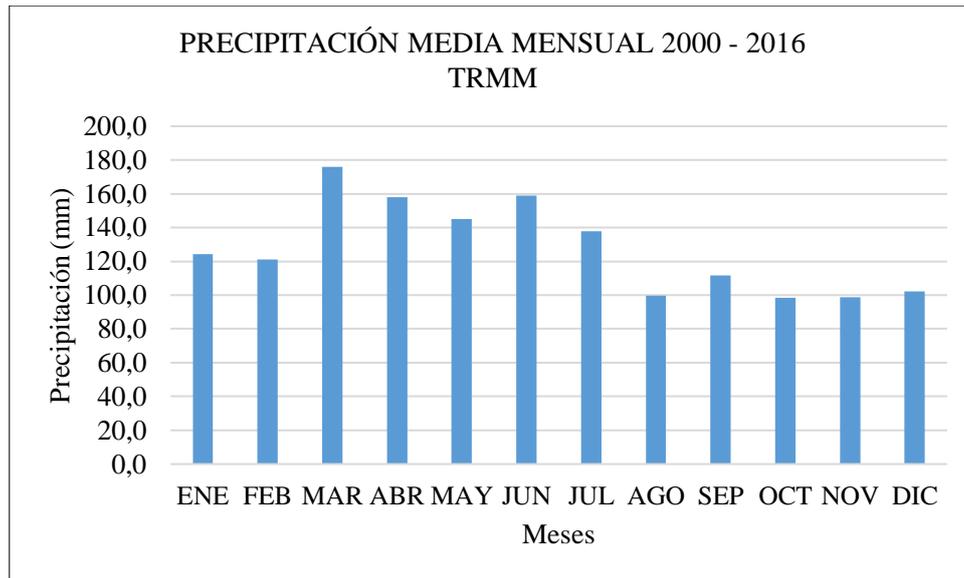


Gráfico 4.1-3. Precipitación media mensual 2000 - 2016 (TRMM)

Fuente: GIOVANNI NASA - TRMM, 2000 – 2016

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

#### 4.1.1.1.1. Comparación de datos

Se nota una variación significativa entre los datos recopilados de la estación meteorológica de Gualaquiza en comparación con los datos de Nabon y TRMM. Según los registros de Gualaquiza, la precipitación tiende a aumentar desde marzo hasta junio, mientras que según los datos de TRMM, la precipitación disminuye de marzo a mayo, y en Nabon disminuye hasta agosto. Además, se observa que la cantidad de precipitación mensual multianual registrada entre 2000 y 2016 en Gualaquiza es mayor a los de Nabon y TRMM.

Esta discrepancia en los datos se atribuye a la distancia entre el proyecto y las estaciones meteorológicas, así como a la diferencia en la altitud y ubicación geográfica. Gualaquiza se encuentra en la región amazónica a una altitud de 750 metros sobre el nivel del mar, mientras que Nabon está en la región de la Sierra a una altitud de 2750 metros sobre el nivel del mar. Es importante destacar que el proyecto se ubica en las estribaciones de la cordillera real del Ecuador.

Por lo tanto, se concluye que los datos satelitales proporcionan valores más representativos para el área geográfica del proyecto, donde se registró una precipitación anual de 1531.8 mm.

Tabla 4.1-5. Comparación de datos de precipitación

ESTACIONES	PRECIPITACIÓN (mm)												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total (mm/año)
GUALAQUIZA	112,8	125,8	150,4	209,4	226,6	257,9	187,8	118,4	125,9	123,4	99,9	113,1	1851,5
NABON	70,7	102,6	106,3	90,4	64,3	34,6	14,5	9,8	19,2	62,5	81,0	74,0	729,9
TRMM	124,2	121,0	175,8	158,1	144,9	159,0	137,9	99,8	111,8	98,4	98,7	102,3	1531,8

Fuente: Anuarios Meteorológicos INAMHI y GIOVANNI NASA - TRMM, 2000 – 2016

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

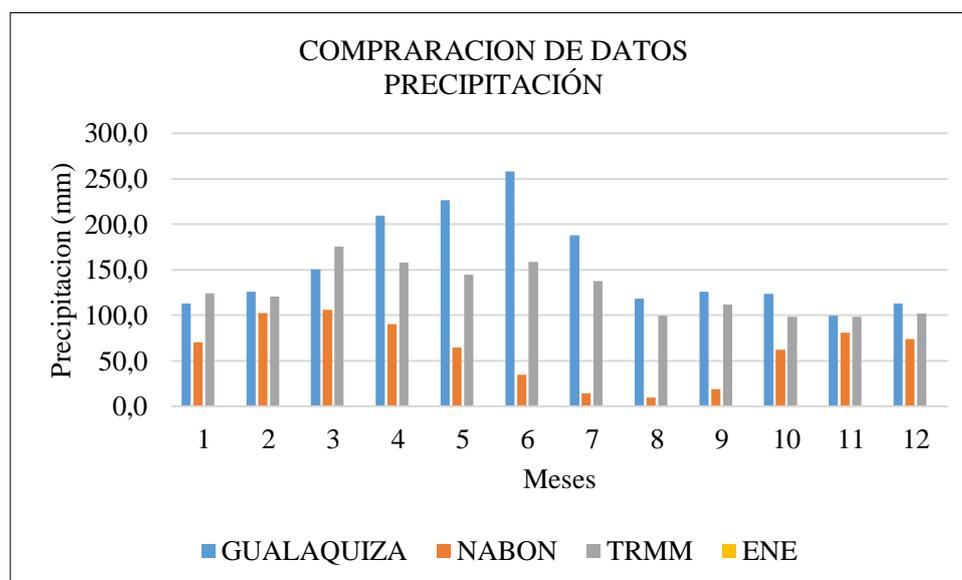


Gráfico 4.1-4. Comparación de datos - Precipitación

Fuente: Anuarios Meteorológicos INAMHI y GIOVANNI NASA - TRMM, 2000 – 2016

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

Según el mapa de isoyetas del INAMHI (2008), el proyecto se ubica en una zona donde las precipitaciones anuales varían entre 1500 y 3000 milímetros. Ver ANEXO 10.4. Mapas temáticos - 04\_Mapa climático.

#### 4.1.1.2. Temperatura

La temperatura del aire es una medida de la energía cinética promedio de las moléculas de aire en la atmósfera. Se percibe como el grado de calor o frío que sentimos y se mide generalmente en grados Celsius (°C), Fahrenheit (°F) o Kelvin (K). Esta temperatura es un factor crucial en la meteorología y

tiene un impacto significativo en el clima, el comportamiento de los seres vivos y diversos procesos físicos y químicos en la Tierra.

Según datos recolectados por la estación de Gualaquiza (M0189) los registros de temperatura correspondientes desde el 2000 hasta el 2016 determina una temperatura media anual de 23,1 °C, una media máxima con un valor de 24,2 °C y la mínima con 22,2 °C.

Tabla 4.1-6. Temperatura media anual y mensual – Estación Gualaquiza (M0189)

M0189	ESTACIÓN GUALAQUIZA												TEMPERATURA MEDIAS (°C)
Variable	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Valor anual
T. Máxima	25,7	24,2	24,4	24,2	24,2	22,8	23,0	22,9	23,4	24,6	25,5	24,9	24,2
T. Mínima	22,9	22,7	22,3	22,4	22,1	21,2	20,9	21,5	21,5	23,1	23,0	23,3	22,2
T. Media	23,7	23,4	23,4	23,3	22,9	22,1	21,8	22,0	22,6	23,7	24,2	24,0	23,1

Fuente: Anuarios Meteorológicos INAMHI 2000-2016

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

Evaluando el comportamiento de la temperatura se determina que durante todo el año no se producen variaciones significativas en la temperatura media mensual, el promedio de la misma es de 23,1 °C mensual, con valores promedio máximo de 24,2 °C y mínimo de 22 °C, estos valores mínimos se han registrado en los meses de noviembre y agosto respectivamente.

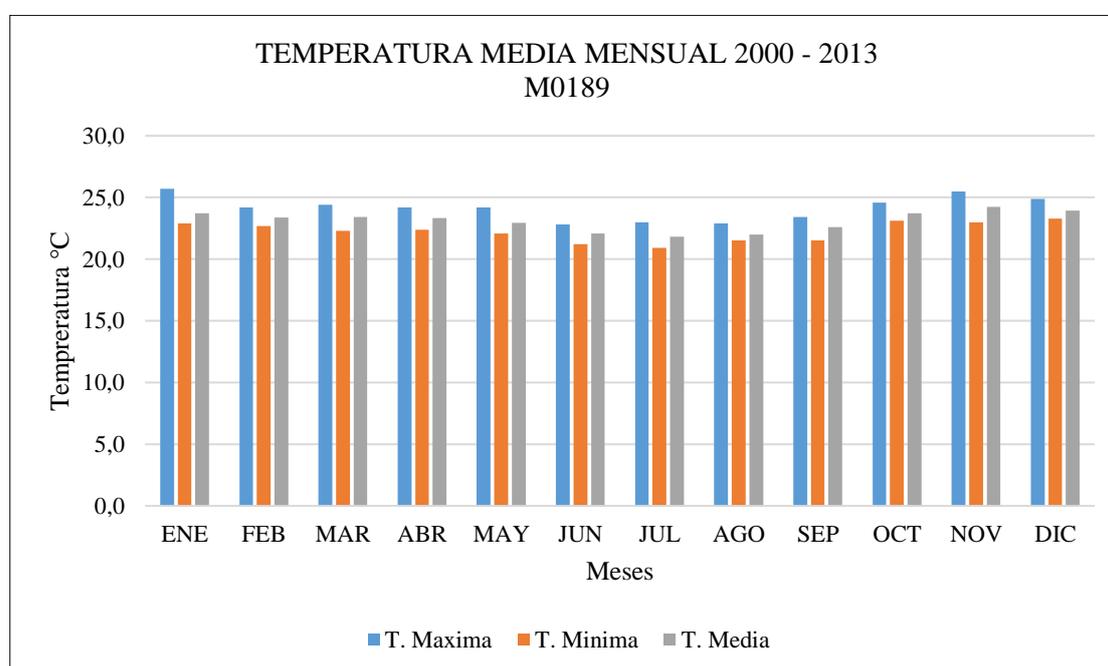


Gráfico 4.1-5. Temperatura media mensual 2000 - 2016 (M0189)

Fuente: Anuarios Meteorológicos INAMHI 2000-2016

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

Mientras que en base a los datos obtenidos por MERRA-2 en el lapso de 17 años en el área geográfica del proyecto se presenta una temperatura media anual de 16 °C, siendo los meses de junio y julio los que presentan menor temperatura con 14,7 °C y 14,6 °C respectivamente. Con respecto a la temperatura media desde un punto de vista anual, se pudo observar que la temperatura máxima se presentó en el año de 2005 con un valor de 16.9°C, la temperatura mínima se presentó en el año 2000 con un valor de 15.5°C

Tabla 4.1-7. Temperatura anual y mensual en el área geográfica del proyecto – MERRA-2

MERRA-2											TEMPERATURA MEDIA (°C)		
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T. anual
2000	16,0	15,4	15,2	15,1	14,8	14,5	14,2	15,0	15,8	16,1	17,6	16,7	15,5
2001	15,5	15,9	15,8	16,0	15,8	13,7	13,9	14,4	16,1	16,8	16,7	16,6	15,6
2002	16,3	16,2	16,0	16,1	15,4	13,9	13,9	14,7	16,0	16,3	15,7	16,3	15,6
2003	16,8	16,5	16,4	15,7	14,7	14,4	13,7	14,6	15,9	16,8	16,9	16,4	15,7
2004	17,1	16,4	16,0	16,4	15,2	13,8	14,1	14,6	15,6	16,5	16,7	16,5	15,7
2005	17,4	17,3	16,9	16,8	17,0	16,4	15,8	16,8	17,3	17	17,4	16,8	16,9
2006	16,8	16,6	16,1	16,4	15,0	14,9	14,8	15,7	16,9	18,2	17,6	17,4	16,4
2007	17,2	17,3	16,9	16,8	16,7	15,2	15,8	15,7	16,1	16,6	16,3	16,6	16,4
2008	15,9	15,6	15,5	15,7	14,9	14,2	14,1	15,6	15,8	16,5	17,4	17,2	15,7
2009	16,1	15,7	15,9	15,8	16,3	15,4	15,6	16,0	16,4	16,9	17,9	16,8	16,2
2010	16,9	17,6	17,2	16,9	16,9	15,6	16,1	16,1	16,7	17,2	17	16,3	16,7
2011	16,1	16,1	16,1	15,5	15,3	15,0	14,6	15,4	15,9	16,9	16,7	16,2	15,8
2012	15,9	15,7	15,1	15,8	14,8	14,5	14,3	15,1	15,7	16,7	17,2	16,7	15,6
2013	16,6	16,0	16,4	16,4	15,8	14,5	13,8	14,9	16,1	16,3	17,3	16,8	15,9
2014	16,6	16,4	16,5	16,2	16,6	15,2	14,6	15,1	16,6	16,5	17,4	16,8	16,2
2015	15,9	16,3	16,5	15,4	15,4	14,4	14,9	15,7	16,8	17,0	17,4	16,7	16,0

2016	18,3	17,2	17,2	16,8	16,0	14,2	14,7	15,6	16,2	17,2	18,0	16,7	16,5
T. media	16,6	16,4	16,2	16,1	15,7	14,7	14,6	15,4	16,2	16,8	17,1	16,7	16,0
Max	18,3	17,6	17,2	16,9	17,0	16,4	16,1	16,8	17,3	18,2	18,0	17,4	16,9
Min	15,5	15,4	15,1	15,1	14,7	13,7	13,7	14,4	15,6	16,1	15,7	16,2	15,5

Fuente: GIOVANNI NASA - MERRA-2, 2000 – 2016

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

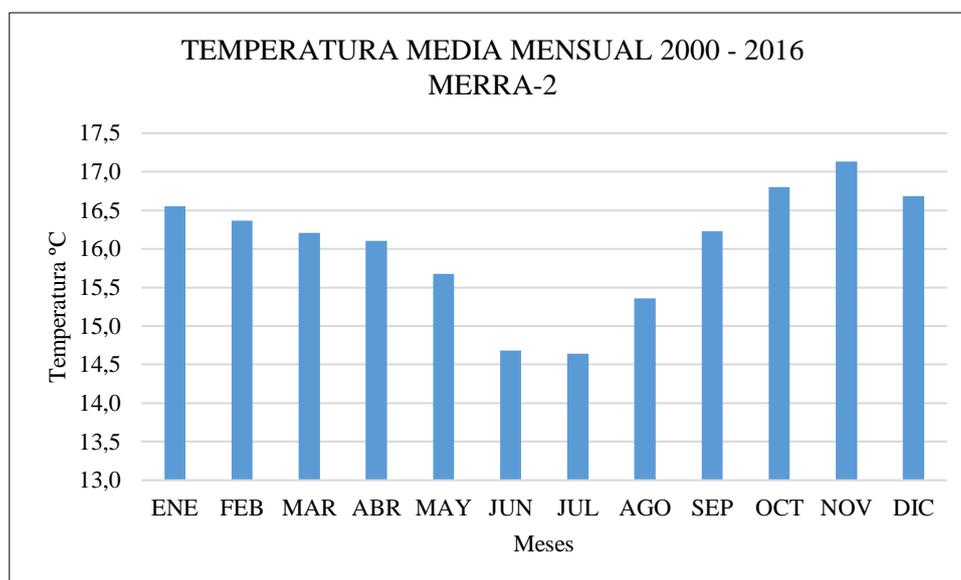


Gráfico 4.1-6. Temperatura media mensual 2000 - 2016 (MERRA-2)

Fuente: GIOVANNI NASA - MERRA-2, 2000 – 2016

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

Según el mapa de isotermas del INAMHI (2008), el proyecto se ubica en una zona donde las temperaturas varían entre 14 y 24 °C. Ver ANEXO 10.4. Mapas temáticos - 04\_Mapa climático.

#### 4.1.1.3. Humedad

Según el INAMHI, la humedad 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 agua en la atmósfera.

Según datos obtenidos de los Anuarios meteorológicos del INAMHI durante el periodo 2001 - 2013 se pudo evidenciar que la humedad relativa promedio anual es de 89,6%, con valores máximos superiores al 91% en los meses de junio y julio, y con un valor mínimo de 86,9% en el mes de noviembre.

Tabla 4.1-8. Humedad relativa media mensual y anual – Estación Gualaquiza (M0189)

M0189	ESTACIÓN GUALAQUIZA												Humedad relativa (%)	
	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	H. anual
2001	85,0	86,0	87,0	90,0	89,0	93,0	92,0	92,0	91,0	89,0	90,0	90,0	90,0	89,5
2002	89,0	92,0	91,0	92,0	92,0	93,0	94,0	94,0	92,0	91,0	91,0	91,0	91,0	91,8
2003	90,0	89,0	89,0	87,0	91,0	91,0	92,0	89,0	87,0	87,0	87,0	88,0	88,0	88,9
2004	81,0	90,0	90,0	90,0	92,0	93,0	91,0	90,0	90,0	87,0	89,0	89,0	89,0	89,3
2005	89,0	92,0	91,0	93,0	91,0	92,0	91,0	91,0	83,0	84,0	-	-	-	89,7
2006	87,0	-	89,0	90,0	88,0	88,0	88,0	90,0	88,0	87,0	84,0	89,0	89,0	88,0
2007	90,0	89,0	89,0	90,0	89,0	93,0	88,0	91,0	93,0	90,0	90,0	90,0	92,0	90,3
2008	94,0	94,0	93,0	90,0	89,0	87,0	89,0	85,0	87,0	85,0	82,0	82,0	82,0	88,1
2009	89,0	87,0	88,0	93,0	92,0	93,0	92,0	90,0	87,0	89,0	86,0	88,0	88,0	89,5
2010	91,0	86,0	88,0	90,0	91,0	93,0	93,0	90,0	90,0	90,0	86,0	86,0	86,0	89,5
2011	86,0	88,0	84,0	89,0	90,0	90,0	92,0	90,0	91,0	84,0	88,0	90,0	90,0	88,5
2012	91,0	91,0	93,0	91,0	93,0	93,0	94,0	92,0	92,0	89,0	88,0	90,0	90,0	91,4
2013	92,0	92,0	92,0	91,0	91,0	93,0	94,0	91,0	91,0	88,0	82,0	86,0	86,0	90,3
H. mensual	88,8	89,7	89,5	90,5	90,6	91,7	91,5	90,4	89,4	87,7	86,9	88,4	88,4	89,6
Max	94,0	94,0	93,0	93,0	93,0	93,0	94,0	94,0	93,0	91,0	91,0	92,0	92,0	91,8
Min	81,0	86,0	84,0	87,0	88,0	87,0	88,0	85,0	83,0	84,0	82,0	82,0	82,0	88,0

Fuente: Anuarios Meteorológicos INAMHI 2000 – 2003

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

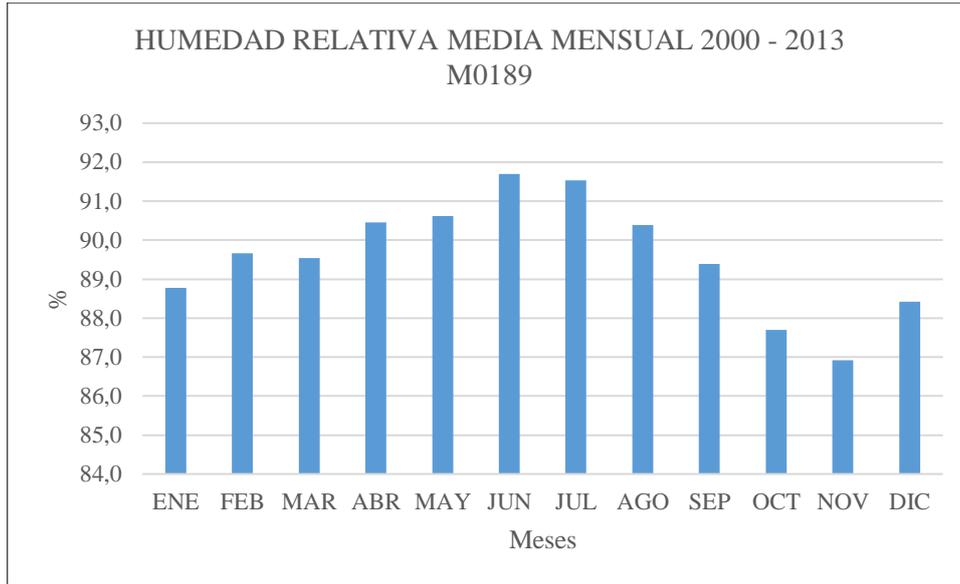


Gráfico 4.1-7. Humedad relativa mensual 2001 - 2013 (M0189)

Fuente: Anuarios Meteorológicos INAMHI 2001-2013

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

Analizando los datos desde una perspectiva anual, se puede observar que en 2006 se registró la humedad relativa más baja alcanzando un valor del 85.7%, mientras que en 2002 se alcanzó la humedad más alta, con un valor de 91.8%. Los años siguientes exhiben valores de humedad relativa en un rango que oscila entre el 88% y el 91%.

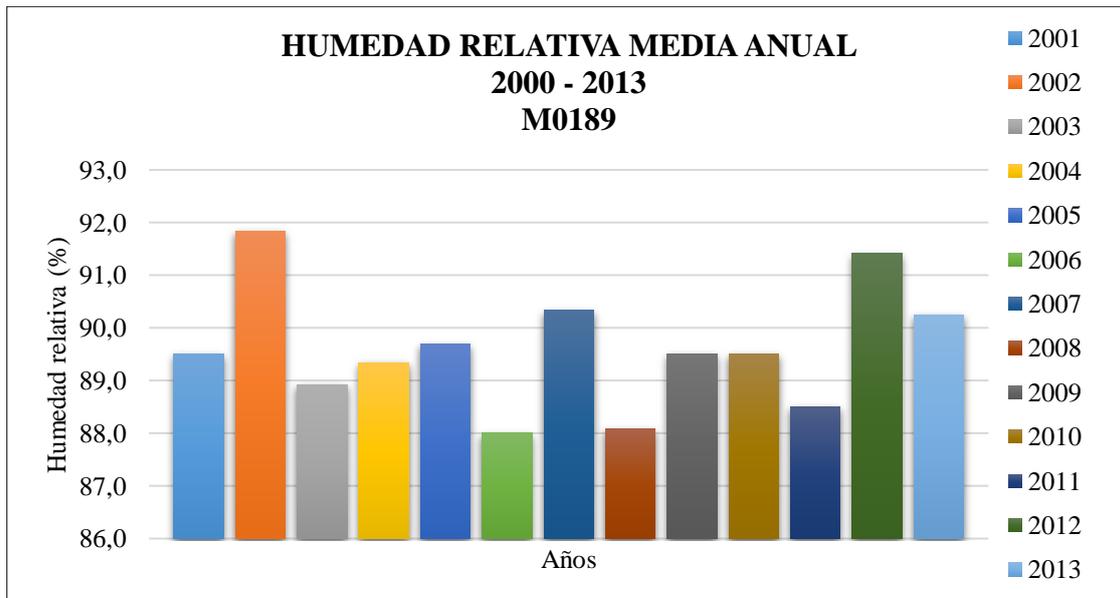


Gráfico 4.1-8. Humedad Relativa Anual en la Estación Gualaquiza (M0189)

Fuente: Anuarios Meteorológicos – INAMHI

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

Sin embargo, de acuerdo con los datos extraídos de la base de datos AIRS entre 2003 y 2015, se establece que en el área geográfica del proyecto la humedad relativa promedio anual fue del 75.4%. Se registró un máximo de 79.6% en el mes de junio y un mínimo de 72.7% en noviembre. Estos resultados coinciden con los obtenidos en la estación de Gualaquiza, donde también se observó que junio tuvo la humedad más alta y noviembre la más baja.

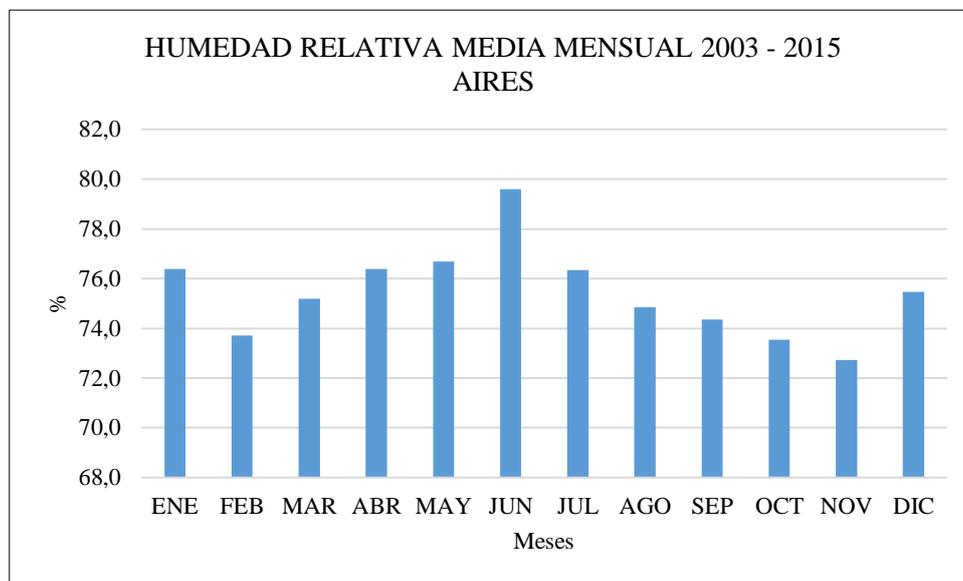


Gráfico 4.1-9. Humedad relativa media mensual 2003 – 2015 (AIRS)

Fuente: GIOVANNI NASA - AIRS, 2003 – 2015

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

En términos anuales se diferencia de los registrados en la estación Gualaquiza ya que en los datos de AIRES se observa que el año 2004 marcó el registro más alto de humedad, alcanzando un valor del 77.4%, mientras que en 2010 se registró el valor mínimo, con un 71.3%.

Tabla 4.1-9. Humedad relativa media mensual y anual en el área geográfica del proyecto -  
AIRS

AIRS											Humedad relativa (%)		
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	H. anual
2003	74,6	72,0	74,0	76,0	68,1	77,5	73,6	73,7	74,5	75,3	75,0	89,1	75,3
2004	72,0	75,0	74,9	77,0	89,1	79,1	77,2	85,4	75,6	73,6	74,6	75,5	77,4
2005	74,7	75,2	76,5	77,3	76,6	77,2	74,5	73,7	74,2	75,0	72,8	60,6	74,0

2006	76,7	75,2	75,3	77,0	77,5	78,0	75,0	73,2	73,0	71,8	73,5	76,4	75,2
2007	76,5	72,9	75,5	76,0	77,8	76,4	77,9	73,3	74,9	75,1	77,5	75,3	75,8
2008	88,8	75,0	75,4	75,6	79,5	78,0	64,7	73,4	86,4	75,4	75,2	75,6	76,9
2009	76,9	76,5	74,5	74,1	75,7	89,4	75,7	77,4	74,0	74,5	72,4	75,1	76,4
2010	75,1	63,1	73,8	75,3	63,1	80,2	77,3	70,9	71,8	57,8	72,3	74,9	71,3
2011	76,6	76,0	74,9	77,2	76,0	91,5	77,1	74,8	75,0	70,6	53,9	75,9	75,0
2012	76,1	74,7	76,8	77,0	77,4	78,8	75,8	72,3	74,4	76,2	75,0	75,4	75,8
2013	75,8	76,3	75,7	75,3	78,3	70,3	86,2	75,5	76,2	76,4	73,0	77,0	76,3
2014	73,5	73,3	74,0	78,4	78,8	77,6	78,3	75,1	61,8	78,0	74,5	76,0	74,9
2015	75,8	73,0	76,1	77,0	79,0	80,7	79,1	74,3	74,9	76,4	75,8	74,5	76,4
H. mensual	76,4	73,7	75,2	76,4	76,7	79,6	76,3	74,9	74,3	73,5	72,7	75,5	75,4
Max	88,8	76,5	76,8	78,4	89,1	91,5	86,2	85,4	86,4	78,0	77,5	89,1	77,4
Min	72,0	63,1	73,8	74,1	63,1	70,3	64,7	70,9	61,8	57,8	53,9	60,6	71,3

Fuente: GIOVANNI NASA - AIRS, 2003 – 2015

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

#### 4.1.1.4. Evaporación

La evaporación es el proceso mediante el cual un líquido se convierte en vapor o gas debido al aumento de temperatura y la transferencia de energía térmica a las moléculas del líquido. Este proceso ocurre en la superficie del líquido y, a medida que las moléculas individuales ganan suficiente energía cinética, se desprenden de la superficie y se convierten en vapor (Aguilo Alonso, et al., 2004).

De acuerdo al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología durante el periodo 2000 al 2013, la evaporación mensual en la estación Gualaquiza presenta un valor mínimo de 33.8 mm registrado en julio de 2002, un máximo de 136.8 mm registrado en diciembre de 2013 y promedio de 69,7 mm. En base a la evaporación mensual promedio, se puede observar que el mes con mayor evaporación en el año es noviembre, mientras que el mes con menor evaporación es junio.

Por otro lado, se registra que el valor anual de evaporación promedio es de 820.2 mm, el máximo es de 1095.5 mm registrado en el año 2011 y el mínimo es de 615.7 mm registrado en el año 2002.

Tabla 4.1-10. Evaporación media mensual y anual – Estación Gualaquiza (M0189)

M0189 ESTACIÓN GUALAQUIZA											Evaporación (mm)			
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Valor medio anual	Total anual
2000	69,6	57,3	55,0	50,6	48,5	40,5	48,4	50,8	61,7	65,7	75,8	59,3	56,9	683,2
2001	51,5	55,6	68,6	45,7	63,1	40,4	52,5	50,6	56,7	63,8	72,3	56,5	56,4	677,3
2002	65,8	53,0	62,3	54,8	49,9	50,3	33,8	47,1	54,0	54,3	44,4	46,0	51,3	615,7
2003	44,4	44,9	52,0	45,1	48,2	37,8	47,8	51,2	55,8	69,0	65,4	60,2	51,8	621,8
2004	81,6	55,0	50,4	61,0	46,4	34,4	48,0	42,8	51,2	65,6	75,0	70,3	56,8	681,7
2005	74,6	45,2	78,0	42,3	61,0	54,0	75,9	61,9	64,5	59,5	-	-	61,7	616,9
2006	64,6	-	66,3	63,5	48,7	62,1	55,5	71,0	73,1	86,4	75,8	70,8	67,1	737,8
2007	62,2	66,6	70,0	65,7	67,8	50,9	75,6	67,8	76,0	82,7	77,1	87,8	70,9	850,2
2008	80,3	62,3	85,6	79,1	67,9	68,6	62,1	82,4	62,8	90,5	109,2	94,9	78,8	945,7
2009	71,8	55,6	82,6	70,7	78,8	62,6	59,3	68,4	74,1	87,7	86,5	77,4	73,0	875,5
2010	70,8	72,4	71,3	69,8	76,8	59,9	71,4	75,1	71,4	91,1	97,8	102,4	77,5	930,2
2011	93,3	78,6	124,3	91,8	80,0	67,7	71,4	92,6	69,9	128,0	102,7	95,2	91,3	1095,5
2012	106,2	82,4	84,5	95,3	79,8	76,9	62,8	90,0	73,3	96,4	124,8	108,1	90,0	1080,5
2013	80,2	69,1	83,7	91,6	82,9	62,6	66,9	78,3	81,6	115,4	136,8	121,3	89,2	1070,4
Media mensual	72,6	61,4	73,9	66,2	64,3	54,9	59,4	66,4	66,2	82,6	88,0	80,8	69,7	820,2
Max	106,2	82,4	124,3	95,3	82,9	76,9	75,9	92,6	81,6	128,0	136,8	121,3	91,3	1095,5
Min	44,4	44,9	50,4	42,3	46,4	34,4	33,8	42,8	51,2	54,3	44,4	46,0	51,3	615,7

Fuente: Anuarios Meteorológicos INAMHI 2000-2013

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

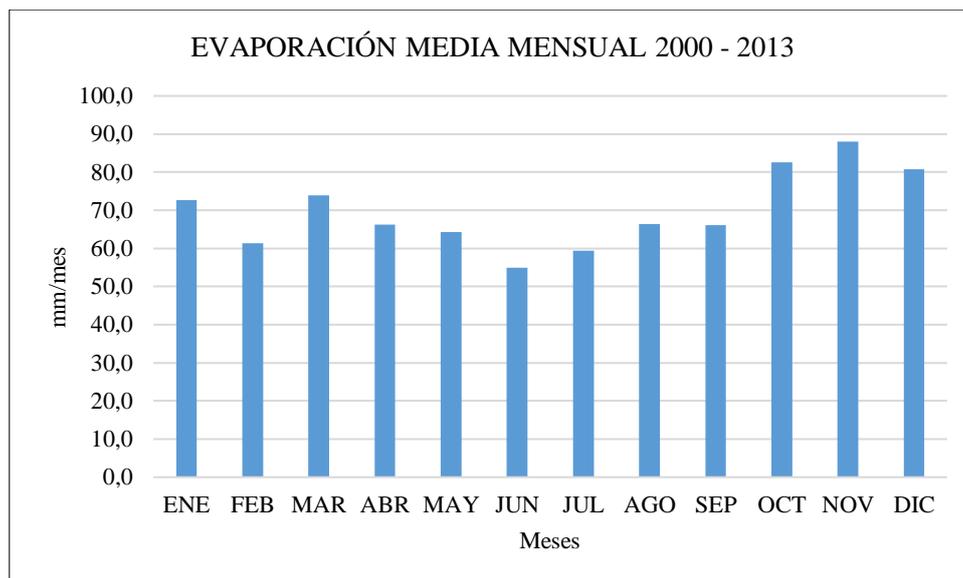


Gráfico 4.1-10. Evaporación media mensual 2000-2013 (M0189)

Fuente: Anuarios Meteorológicos INAMHI 2000 – 2013

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

#### 4.1.1.5. Nubosidad

La nubosidad se refiere a la cantidad y la densidad de las nubes en el cielo en un momento y lugar específicos. Es un término meteorológico que describe la cobertura de nubes en la atmósfera. La nubosidad puede variar desde un cielo completamente despejado, sin nubes visibles, hasta un cielo completamente cubierto por nubes. También puede haber diferentes grados de nubosidad en el cielo, desde nubes dispersas o parcialmente nublado hasta nubosidad total o cielo nublado, así mismo, las nubes pueden influir en la temperatura, la radiación solar, la precipitación y otros aspectos del clima. (Pérez Porto, et al., 2012).

La nubosidad registrada por la estación Gualaquiza durante el periodo 2000-2013, presenta un valor medio mensual mínimo de 5 octas y el valor máximo de 6 octas, el cual se ha presentado de manera constante entre los meses de abril y agosto del periodo analizado. El análisis anual de la nubosidad indica que el valor promedio de este parámetro en el periodo 2000-2013 fue de 5 octas.

Tabla 4.1-11. Nubosidad media mensual y anual – Estación Gualaquiza (M0189)

M0189	ESTACIÓN GUALAQUIZA												NUBOSIDAD MEDIA (OCTAS)	
	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	N. anual
2000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

2001	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2002	5	5	5	5	5	5	6	6	5	6	5	5	5
2003	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2004	5	5	5	5	6	6	5	5	5	5	5	5	5
2005	5	6	5	6	5	6	5	5	5	5			5
2006	5		5	6	6	6	6	6	6	5	5	5	6
2007	6	5	5	5	6	6	6	6	6	5	6	6	6
2008	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	6
2009	6	6	6	6	5	6	6	5	5	5	5	5	6
2010	5	5	5	6	6	6	5	5	5	5	5	6	5
2011	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	6	6
2012	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6
2013	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
N. mensual	5	5	5	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5
Max	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Min	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Fuente: Anuarios Meteorológicos INAMHI 2000 – 2013

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

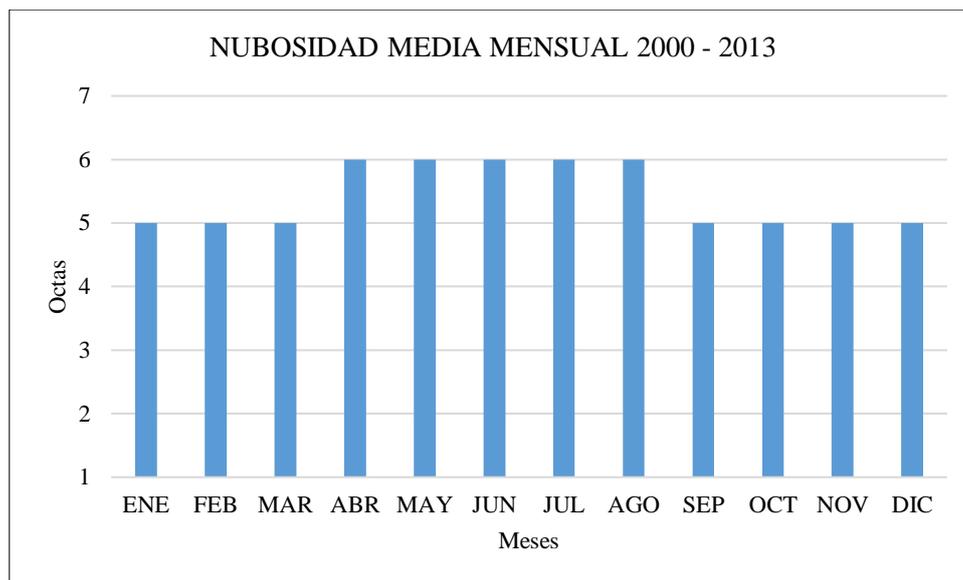


Gráfico 4.1-11. Nubosidad media mensual 2000-2013 (M0189)

Fuente: Anuarios Meteorológicos INAMHI 2000 – 2013

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

#### 4.3.1.6. Velocidad del viento

La estación meteorológica de Gualaquiza registró una velocidad promedio del viento de 1 km/h durante el período comprendido entre 2000 y 2013. Los meses de noviembre y diciembre destacaron por tener las velocidades más altas del viento, mientras que junio registró la velocidad más baja.

Tabla 4.1-12. Velocidad media mensual y anual del viento – Estación Gualaquiza (M0189)

M0189	ESTACIÓN GUALAQUIZA												Velocidad media del viento (Km/h)
	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2000	0,7	0,5	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
2001	0,1	0,1	0,1	0,2	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	0,6	0,4
2002	0,6	0,6	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
2003	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	1,2	0,9	0,5
2004	1,1	0,6	0,6	0,7	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	0,7	0,8	0,7	0,7
2005	0,8	0,7	0,6	0,5	0,7	0,7	0,6	0,6	0,8	0,8	-		0,7
2006	0,7	-	0,8	0,7	0,9	1,1	1,1	1,0	1,3	1,4	1,5	1,5	1,1

2007	1,4	1,3	1,3	1,2	1,0	0,6	1,3	1,0	1,1	1,4	1,4	1,4	1,2
2008	1,4	1,3	1,4	1,4	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,2	1,2
2009	0,9	1,0	1,2	1,0	1,1	-	1,3	1,2	1,8	1,7	1,8	1,6	1,3
2010	1,8	1,7	1,6	1,4	1,2	0,9	1,2	0,8	1,1	1,5	1,6	1,8	1,4
2011	1,8	1,7	2,3	1,8	1,4	1,6	1,4	1,9	1,5	1,9	1,7	1,9	1,7
2012	1,9	1,7	1,7	1,5	1,5	1,5	1,3	1,5	1,6	1,8	1,8	2,2	1,7
2013	2,0	1,9	1,8	1,6	1,6	1,3	1,1	1,1	1,5	1,9	2,1	2,1	1,7
V. mensual	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,3	1,3	1,0
Max	2,0	1,9	2,3	1,8	1,6	1,6	1,4	1,9	1,8	1,9	2,1	2,2	1,7
Min	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3

Fuente: Anuarios Meteorológicos INAMHI 2000-2013

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

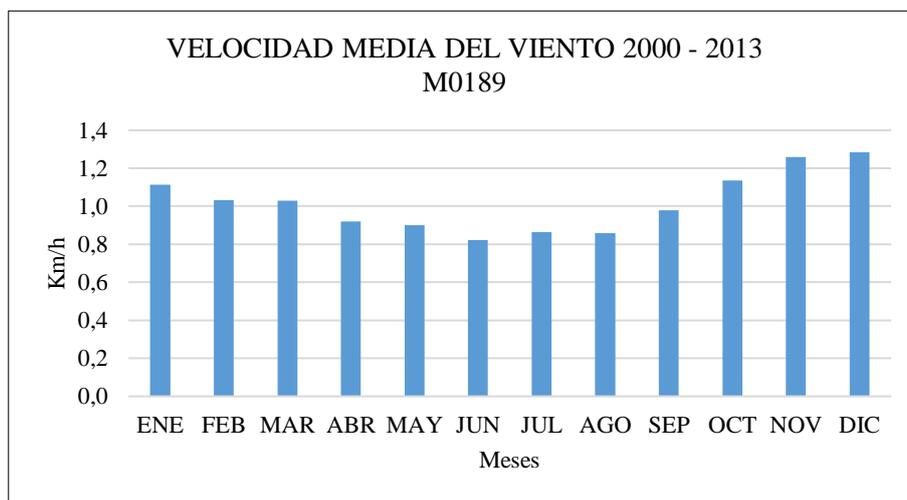


Gráfico 4.1-12. Velocidad media mensual del viento 2000-2013 (M0189)

Fuente: Anuarios Meteorológicos INAMHI 2000-2013

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

#### 4.3.1.7. Resumen de información climática

Tabla 4.1-13. Resumen de la información climática anual

Precipitación (mm/mes)					
Mínimo	Promedio	Máximo	Período de Registro/año		Fuente
1440,2	1851,5	2447,90	2000	2016	INAMHI
313,2	729,9	1280,8	1999	2017	
1279,5	1531,8	1785,0	2000	2016	TRMM
Temperatura (°C)					
Mínimo	Promedio	Máximo	Período de Registro/año		Mínimo
22,2	23,1	24,2	2000	2016	INAMHI
15,5	16,0	16,9			MERRA-2
Humedad (%)					
Mínimo	Promedio	Máximo	Período de Registro/año		Mínimo
88,0	89,6	91,8	2001	2013	INAMHI
71,3	75,4	77,4	2003	2015	AIRS
Evaporación (mm)					
Mínimo	Promedio	Máximo	Período de Registro/año		Fuente
51,3	69,7	91,3	2000	2013	INAMHI
Nubosidad (Octas)					
Mínimo	Promedio	Máximo	Período de Registro/año		Mínimo
5	5	6	2000	2013	INAMHI
Velocidad del viento (Km/h)					
Mínimo	Promedio	Máximo	Período de Registro/año		Mínimo
0,3	1,0	1,7	2000	2013	INAMHI

Fuente: Anuarios Meteorológicos INAMHI y GIOVANNI NASA – TRMM – MERRA-2 y AIRS,  
2000 – 2013; 2000 – 2016; 2003 - 2015

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

#### 4.3.2. Ruido ambiental

Esta evaluación de ruido ambiental tiene como objetivo determinar las condiciones actuales de calidad, comparando los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio con los límites máximos establecidos en la legislación ambiental ecuatoriana vigente.

##### 4.3.2.1. Metodología

La medición de los niveles de ruido ambiental se realizó con el laboratorio LABCESTTA TECNOLOGIA Y CALIDAD acreditado ante Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), con registro No. SAE LEN 18-034.

La medición de ruido se realizó utilizando un sonómetro de la marca Quest Technologies, serie BHH040003, previamente calibrado. La metodología empleada para la toma de muestras consistió en 5 repeticiones de 15 segundos cada una, conforme a lo establecido en la AM 097-A, TULSMA LIBRO VI, anexo 5, que detalla los niveles máximos de emisión de ruido y la metodología de medición para fuentes fijas y móviles, así como los niveles máximos de vibración y su método de medición.

Las mediciones de ruido se realizaron durante el día y la noche.

##### 4.3.2.1.1. Ubicación

Por motivos de accesibilidad y seguridad para el personal se seleccionó un punto de muestreo representativo en la zona de influencia del proyecto para la medición del nivel de presión sonora, la siguiente tabla detalla el lugar donde se realizó la medición de ruido. Las coordenadas están expresadas en UTM-WGS 84, zona 17S.

Tabla 4.1-14. Ubicación de los puntos de muestreo - Ruido

N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	COORDENADAS		FECHA DE MUESTREO (DD/MM/AAAA)	DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO
		X	Y		
1	RA-3	727407,96	9608414,77	16/05/2024	Casa de maquinas

Fuente: Informes de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

En el ANEXO 10.4. Mapas temáticos – 05\_Mapa de monitoreo de ruido ambiental, se presenta la ubicación del punto donde se realizó el monitoreo del Nivel de Presión Sonora como parte del presente proyecto.

#### 4.3.2.1.2. Resultados

Tabla 4.1-15. Resultados de muestreo – Ruido diurno

Nº	CÓDIGO DE MUESTRA	USO DE SUELO	PERIODO	RESULTADO (dB)	LIMITE PERMISIBLE (DB)	CUMPLE O NO CON LA NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE
					Diurno	
1	RA-3	Industrial ID1/ID2	Diurno	53,4	65	Cumple
			Nocturno	50,7	55	Cumple

Fuente: Informes de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

De acuerdo a los resultados obtenidos de las mediciones diurna y nocturna realizadas el 16 de mayo de 2024 en el área de influencia del proyecto, se tiene que las mismas cumplen con los límites permisibles establecidos en TULSMA, Libro VI, Anexo 5, Tabla 1 Niveles máximos de ruido para fuentes fijas de ruido uso de suelo (Industrial ID1/ID2).

Los resultados de Laboratorio se encuentran disponibles en el ANEXO 10.6. Línea base / 10.6.1. Componente físico / 10.6.1.2. Ruido ambiental.

#### 4.3.2.2. Metodología para la Línea de Transmisión 230KV

La medición de los niveles de ruido ambiental se realizó con el laboratorio de Ensayo ALS ECUADOR ALSECU S.A. acreditado ante Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), con registro No. SAE LEN 05-005.

La medición de ruido se realizó utilizando un sonómetro de la marca Quest Technologies, serie BGV070001, previamente calibrado. La metodología empleada para la toma de muestras consistió en varias mediciones de 15 segundos cada una, conforme a lo establecido en la AM 097-A, TULSMA LIBRO VI, anexo 5, que detalla los niveles máximos de emisión de ruido y la metodología de medición para fuentes fijas y móviles, así como los niveles máximos de vibración y su método de medición.

Las mediciones de ruido se realizaron durante el día y la noche.

#### 4.3.2.2.1. Ubicación

Para evaluar los niveles de ruido generados durante la fase de construcción, se identificaron dos puntos estratégicos de monitoreo. El primer punto se ubicó en una zona representativa en los primeros kilómetros de la línea de transmisión, dado que presenta características homogéneas a lo largo de esta sección. El segundo punto de monitoreo se determinó en las inmediaciones de la subestación eléctrica, dado que esta área podría ser sensible a las emisiones sonoras durante las actividades de construcción.

Las actividades de construcción de las torres para la línea de transmisión tienen un carácter temporal y uniforme, independientemente de su ubicación. No obstante, los resultados del monitoreo servirán para implementar medidas de mitigación adecuadas, si fuese necesario. En este sentido, el monitoreo de ruido permitirá verificar que las emisiones sonoras no superen los límites aceptables, protegiendo así la salud y el bienestar de las comunidades cercanas, conforme a lo dispuesto en el Art. 87 del Código Orgánico del Ambiente (COA). La siguiente tabla detalla el lugar donde se realizó la medición de ruido. Las coordenadas están expresadas en UTM-WGS 84, zona 17S.

Tabla 4.1-16. Ubicación de los puntos de muestreo – Ruido-Línea de Transmisión 230KV

N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	COORDENADAS		FECHA DE MUESTREO (DD/MM/AAAA)	DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO
		X	Y		
1	P2	727287	9608273	28/01/2025	Inicio línea de transmisión
1	P1	772643	9612538		Subestación

Fuente: Informes de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

En el ANEXO 10.4. Mapas temáticos – 05A\_Mapa de monitoreo de ruido ambiental, se presenta la ubicación de los puntos donde se realizó los monitoreos del Nivel de Presión Sonora como parte del presente proyecto.

#### 4.3.2.2.2. Resultados

Tabla 4.1-17. Resultados de muestreo – Ruido-Línea de Transmisión 230KV

N°	CÓDIGO DE MUESTRA	USO DE SUELO	PERIODO	RESULTADO (dB)	LIMITE PERMISIBLE (DB)	CUMPLE O NO CON LA NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE
					Diurno/Nocturno	
1	P2	Tierra	Diurno	42,9	65	Cumple
			Nocturno	42,0	45	Cumple

Fuente: Informes de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

Tabla 4.1-18. Resultados de muestreo – Ruido-Línea de Transmisión 230KV

N°	CÓDIGO DE MUESTRA	USO DE SUELO	PERIODO	RESULTADO (dB)	LIMITE PERMISIBLE (DB)	CUMPLE O NO CON LA NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE
					Diurno/Nocturno	
1	P1	Lastre	Diurno	46,3	65	Cumple
			Nocturno	42,4	45	Cumple

Fuente: Informes de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

De acuerdo a los resultados obtenidos de las mediciones diurna y nocturna realizadas el 28 de enero de 2025 en el área de influencia del proyecto respecto a la Línea de Transmisión 230KV, se tiene que las mismas cumplen con los límites permisibles establecidos en TULSMA, Libro VI, Anexo 5, Tabla 1 Niveles máximos de ruido para fuentes fijas de ruido uso de suelo.

Los resultados de Laboratorio se encuentran disponibles en el ANEXO 10.6. Línea base / 10.6.1. Componente físico / 10.6.1.2. Ruido ambiental.

### **4.3.3. Recurso suelo**

#### **4.3.3.1. Geología**

##### **4.3.3.1.1. Geología regional**

La subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana ha generado en Ecuador tres zonas morfoestructurales reconocida como: Costa, sierra y oriente. Estas zonas están constituidas por terrenos aloctonos acresionados al continente.

El área de estudio se encuentra ubicado en el sureste de Ecuador, en la región oriental o amazónica, en las provincias de Morona Santiago y Zamora Chinchipe, presentan una geología muy diversa y compleja debido a su ubicación geográfica.

La región oriental se extiende al este de la Cordillera Real, siendo separada de la última en parte por un sistema de fallas. Entre los Andes y la llanura amazónica, se levanta la Tercera Cordillera o zona subandina, los relieves más evidentes, domo del Napo al Norte y cordillera Kutukú al Sur, están separados por una depresión, situada entre los valles del alto Napo y del alto Pastaza, hacia el Sur, la cordillera del Cóndor prolonga la misma unidad en territorio peruano. Esta Tercera Cordillera, discontinua, corresponde a un conjunto de anticlinales, generalmente volcados hacia el Este con rumbos paralelos a los andes (PDOT GADP de Zamora Chinchipe, 2015 - 2019).

Kutukú comprende esencialmente terrenos jurásicos y cretácicos; aún se nota un pequeño núcleo paleozoico en el norte. Corresponde a un anticlinario, cuyo flanco oriental forma estructuras secundarias (Cangaima, Macuma, Oso), para finalmente hundirse en una zona de flexuras y fallas. Hacia el Oeste sigue un área sinclinal, con Cretáceo aparente; forma una depresión longitudinal, drenada por el Río Upano. Las capas vuelven a levantarse a largo de la Cordillera Real, permitiendo la reaparición de un núcleo jurásico, que colinda con la serie metamórfica de la Cordillera Real (CARRE et al., 2012).

Frente a la depresión de Napo – Pastaza se conoce ahora estructura anticlinal llamada Mirador; está agregada a los Andes y tiene una extensión reducida. Más al Norte, el domo del Napo está constituido por un Cretáceo ampliamente expuesto, casi horizontal, pero buza al Este en una zona de flexuras; el Jurásico piroclástico subyacente aparece en los cortes de los ríos. Hacia el Oeste el conjunto colinda con la cobertura andina, acompañada por un batolito alargado. En la depresión Napo – Pastaza y en la llanura amazónica se extiende un potente Terciario continental, son algunos episodios salobres. Descansa sobre el Cretáceo, reconocido en perforaciones (PDOT GADP de Zamora Chinchipe, 2015 - 2019).

En la zona de la Cordillera Real de los Andes, dominan rocas metamórficas del Paleozoico. (Coronel, 2015).

Según el Plan de Desarrollo de Ordenamiento Territorial 2019 – 2023 en la provincia Morona Santiago, el territorio se encuentran 60 formaciones geológicas que incluyen rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas. Entre las rocas sedimentarias, se encuentran conglomerados, areniscas y lutitas, que indican la presencia de antiguos lechos de ríos y lagos. Las rocas metamórficas, como esquistos y gneis, también son comunes en la región. Además, existen afloramientos de rocas ígneas, como granitos y dioritas.

A continuación, se detallan las formaciones geológicas que están por encima del 5% con respecto al territorio.

Tabla 4.1-19. Formaciones geológicas Morona Santiago

FORMACIONES GEOLÓGICAS	CARACTERÍSTICAS
Formación Mera	La formación geológica con mayor área es la formación mera que cubre una superficie de 621.696,03 hectáreas que representa el 25,90 % del territorio. Esta formación se encuentra con mayor porcentaje en el cantón de Taisha y en menor porcentaje en los cantones de Tiwintza, Palora, Morona y Huamboya.
Formación Chapiza	La formación Chapiza tiene una superficie de 236.916,30 hectáreas que representan el 9,87 % del territorio. Esta distribuido en los cantones de Gualaquiza, San Juan Bosco, Logroño, Tiwintza, Limón Indanza, Santiago, Morona y Sucua.
Rocas metamórficas	Las rocas metamórficas cubren una superficie de 185.850,99 hectáreas que representan 7,74 % del territorio. Se distribuyen en los cantones de Gualaquiza, San Juan Bosco, Limón Indanza y Santiago.
Formación Santiago	La formación Santiago tiene una superficie de 160.906,93 hectáreas que representan 6,70 % del territorio. Esta distribuido en los cantones de San Juan Bosco, Tiwintza, Gualaquiza, Limón Indanza, Logroño, Sucua y Morona.
Formación Hollin	La formación Hollin cubre una superficie de 127.499,47 hectáreas que representan el 5,31 % del territorio. Se distribuye como una franja alargada por los cantones de: Gualaquiza, San Juan Bosco, limón Indanza, Santiago, Morona, Logroño, Tiwintza, Taisha y Sucua.

Fuente: PDOT GADP de Morona Santiago, 2019 - 2023

La provincia de Zamora Chinchipe, situada en el sureste de Ecuador, exhibe una geología diversa y compleja. Las formaciones geológicas más destacadas incluyen el Bartolito de Zamora, las rocas metamórficas, la Serie Zamora, la Formación Holli y la Unidad Misahuallí. Estas formaciones están distribuidas de manera variable en los diferentes cantones de la provincia. Además, hay presencia de formaciones geológicas menores como el Bartolito de Portachuela, depósitos de coluvio aluviales, depósitos de ladera, la Formación Napo y la Formación Tarqui. La provincia de Zamora Chinchipe es conocida por su riqueza en recursos minerales y por su actividad sísmica y tectónica debido a su ubicación en la región oriental de los Andes y en la transición hacia la cuenca amazónica. (PDOT GADP de Zamora Chinchipe, 2019 – 2023)

A continuación, se detallan las formaciones geológicas que están por encima del 5% con respecto al territorio.

Tabla 4.1-20. Formaciones geológicas Zamora Chinchipe

FORMACIONES GEOLÓGICAS	CARACTERÍSTICAS
Formación Bartolito de Zamora	La formación geológica con mayor área es la formación Batolito de Zamora con 358.738,34 hectáreas que representan el 33,96 % del territorio, está distribuido a lo largo de la provincia, pero cubriendo con mayor porcentaje a los cantones de Paquisha y Centinela del Cóndor.
Rocas metamórficas	Las Rocas metamórficas abarcan 237.763,59 hectáreas que representan el 22,50 % del territorio, están distribuidas con mayor porcentaje en los cantones de Chinchipe, Palanda, Zamora y Yacuambi, mientras que, en menor área en los cantones de Yantzaza, Nangaritzza y Centinela del Cóndor.
Formación Serie Zamora	La formación Serie Zamora cubre 105.102,97 hectáreas representa el 9,95 % del territorio. Está distribuido únicamente en los cantones de Zamora, Yacuambi y Palanda; y con menor porcentaje en el cantón Chinchipe.
Formación Hollin	La Formación Hollín con 99.605,12 hectáreas que representan el 9,43 % del territorio. Esta distribuido únicamente en los cantones de El Pangui y Nangaritzza; y en menor porcentaje en los cantones de Yantzaza, Paquisha, Palanda y Chinchipe.

Formación Unidad Misahuallí	La Formación Unidad Misahuallí abarca las 67.676,43 hectáreas que representan el 6,41 % del territorio. Esta distribuido en los cantones de El Pangui, Yantzaza, Zamora, Paquisha, Nangaritzza, Palanda y Chinchipe.
--------------------------------	--

Fuente: PDOT GADP de Zamora Chinchipe, 2019 – 2023

#### 4.3.3.1.2. Geología estructural

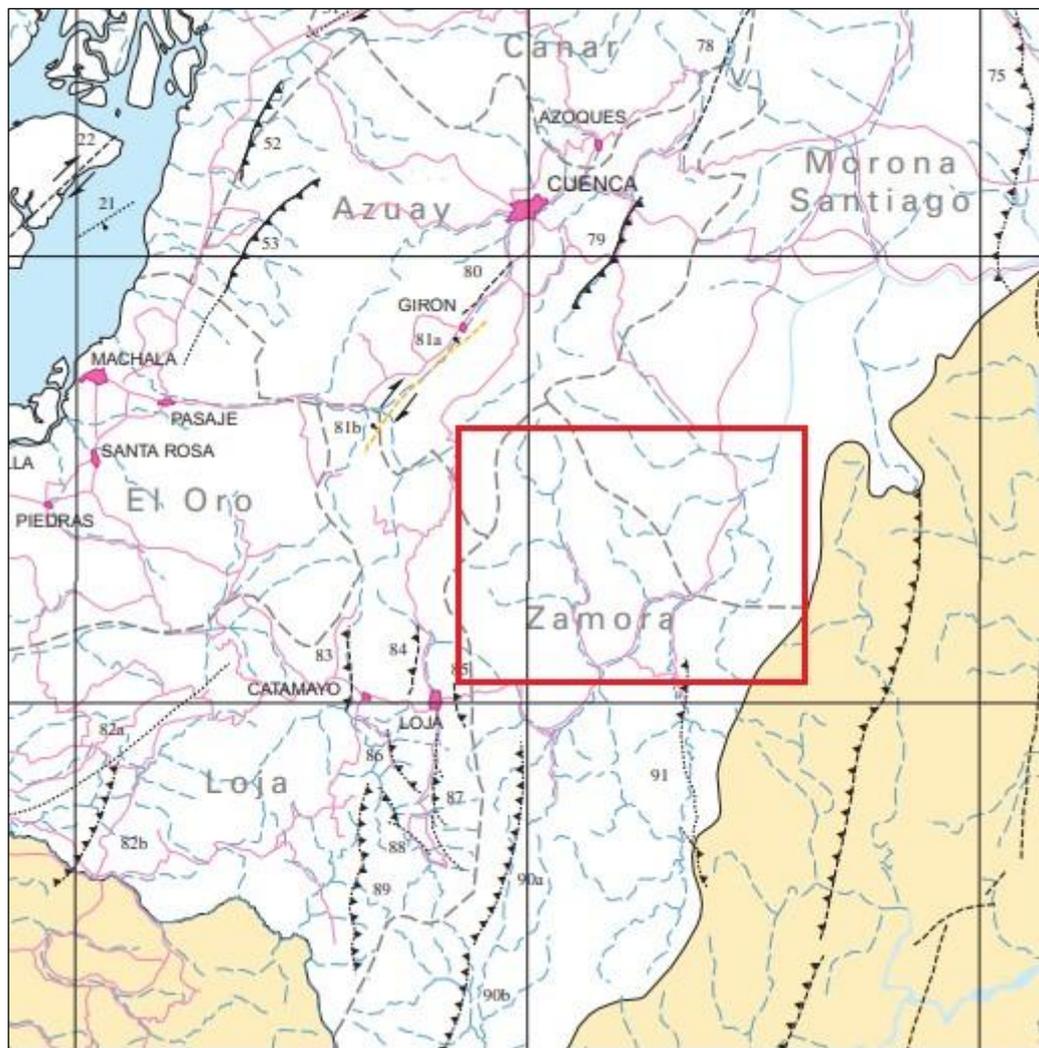
La emersión de la Cordillera Real se deduce a partir del Campaniano como consecuencia de la acreción / colisión del terreno oceánico (basamento de la costa) y la Cordillera Occidental (Aspden, 1992).

La Cordillera Real, ha sido fraccionada en cinco divisiones litotectónicas informales (División Guamote, División Alao, División Loja, división Salado, división Zamora), las cuales presentan rumbo andino limitados por fallas y suturas regionales.

Los límites estructurales de las franjas metamórficas en sentido este – oeste, se describen a continuación:

- Falla Cosanga – Méndez: Se considera como el límite Este de las unidades metamórficas (Contacto entre la Unidad Zamora y Unidad Salado). La falla Cosanga marca en el norte el cambio oriental de rocas esencialmente no deformadas, mientras que las del oeste están afectadas al menos por el evento Cenozoico tardío y probablemente por el evento Jurásico tectono-metamórfico (Aspden J, Bermudez R, Viteri F, Pozo M. 1990).
- Falla Subandina: Corta las subdivisiones del Terreno Salado, limitando al este o al oeste las zonas de ascenso de los cuerpos plutónicos (Subdivisión Azafrán).
- Falla Llanganates: Fallamiento subvertical que limita los Terrenos Salado y Loja, se encuentra bien desarrollada hacia el norte y sur de la Cordillera Real.
- Frente Baños: Se considera como el límite oeste de la División Loja y este del arco de islas Jurásico Alao-Paute.
- Falla Peltetec: corresponde a una zona de sutura regional (cierre del océano por el oeste por la acreción de la Placa Chaucha) y el sobrecorrimiento con dirección oeste de la División Guamote

Según el Mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarias de Ecuador y Regiones Oceánicas Adyacentes localmente las fallas que podrían causar influencia en el área de estudio están ubicadas al SO del área de estudio, las cuales son la falla Catamayo y la falla de Las Pitas con fallamiento inverso. Al Sur con la falla sección norte y sur con movimiento inverso, al SE la falla de Nangaritzza con movimiento inverso – transcurrente. Al Norte se encuentra la falla Gualaceo la cual presenta un movimiento inverso. Al NO la falla sección noreste y suroeste con movimiento normal y dextral. Y hacia el este, existen fallas S/N ubicadas en territorio del Perú.



EC-77	Taisha fault	Reverse	<1.6 Ma	<1 (unknown)
EC-78	Paute fault	Unknown	<1.6 Ma	<1 (unknown)
EC-79	Gualaceo fault	Reverse	<1.6 Ma	<1 (unknown)
EC-80	Tarqui fault	Unknown	<1.6 Ma	<1 (unknown)
EC-81	Girón fault			
EC-81a	Northeastern section	Normal	<15 ka	<1.0
EC-81b	Southwestern section	Normal, dextral	<15 ka	<1.0
EC-82	Celica-Macará fault			
EC-82a	Celica section	Unknown	<1.6 Ma	<1 (unknown)
EC-82b	Macará section	Reverse	<1.6 Ma	<1 (unknown)
EC-83	La Toma fault	Reverse	<1.6 Ma	<1 (unknown)
EC-84	Catamayo fault	Reverse	<1.6 Ma	<1 (unknown)
EC-85	Las Pitas fault	Unknown	<1.6 Ma	<1 (unknown)
EC-86	El Tambo fault	Reverse	<1.6 Ma	<1 (unknown)
EC-87	Loja fault	Reverse	<1.6 Ma	<1 (unknown)
EC-88	Solanda fault	Unknown	<1.6 Ma	<1 (unknown)
EC-89	Las Aradas fault	Reverse	<1.6 Ma	<1 (unknown)
EC-90	Numbala fault			
EC-90a	Northern section	Reverse	<1.6 Ma	<1 (unknown)
EC-90b	Southern section	Reverse	<1.6 Ma	<1 (unknown)
EC-91	Nangaritz fault	Transcurrent, reverse	<1.6 Ma	<1 (unknown)
EC-92	Colombia-Ecuador trench (subduction zone)	Reverse	Historic (1906)	>5 (ca. 70)

Figura 4.1-1. Mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarias del Ecuador

Fuente: Mapa de fallas y pliegues cuaternarios de Ecuador y Regiones Oceánicas Adyacentes, 2003

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

#### 4.3.3.1.3. Geología local

Con base en la información cartográfica proporcionada por el IGM y IIGE y accesible a través de sus geoportales (<https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/> ; <https://geoportal.geoenergia.gob.ec/>), se determinó que el área de estudio del PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS PEÑAS 2 Y SU LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 KV, se encuentra geográficamente al este de la Cordillera Real de los Andes Ecuatorianos (en la zona subandina), y sobre las formaciones geológicas que se detallan a continuación:

Tabla 4.1-21. Formaciones geológicas presentes en el área de estudio

FORMACIÓN GEOLÓGICA	ÁREA (HA)	PORCENTAJE
Serie Zamora	29,80	4,36
Rocas Metamórficas	289,90	42,43
Bartolito de Zamora	126,57	18,53
Formación de Hollín	11,02	1,61
Formación Napo	55,71	8,15
Formación Misahuallí	40,39	5,91
Depósitos aluviales	21,36	3,13
Deposito coluvio aluviales	20,13	2,95
Depósitos aluviales (Terrazas)	1,05	0,15
Depósitos de ladera	19,35	2,83
Depósito de ladera (coluvial)	58,69	8,59
No aplicable	9,22	1,35
TOTAL	683,19	100

Fuente: IGM, 2013; IIGE, 2017

Elaboración: Equipo consultor, 2024

#### Serie Zamora:

- Edad: Paleozoico
- Litología: Granitoides y rocas metamórficas (filitas, cuarcitas, esquistos y gneises).

Esta serie de rocas que forman parte de núcleo metamórfico de la cordillera real, se trata de una secuencia semipelítica, monótona y generalmente impura de cuarcitas de grano medio a grueso, filitas grafiticas, ; pizarras y ocasionalmente metagrauvas, hacia el oriente existe un cambio a lo largo del rumbo de la cordillera, marcado por la presencia de rocas metavolcanicas lo que indicaría que existe un incremento del grado de metamorfismo, el rumbo de foliación es de aproximadamente N-S indicando una inclinación del clivaje de moderada a fuerte o vertical, observándose también pliegues isoclinales con ejes de cordillera, es también característica dentro de esta secuencia la presencia de vetas de cuarzo con inclinaciones paralelas a la dirección de foliación y la presencia de por lo menos dos etapas de deformación (ESPOL-TECH E.P. y CIPAT – ESPOL, 2014).

### **Rocas metamórficas:**

- Edad: Paleozoico
- Litología: Rocas metamórficas indiferenciadas

Estas rocas pertenecen al núcleo metamórfico del sur de la Cordillera real denominado Grupo Zamora. Sus principales afloramientos constituyen la gran faja metamórfica de la Cordillera Real que longitudinalmente atraviesa el país en sentido N-S. Las rocas metamórficas alorantes son de grado bajo a medio: filitas, cuarcitas, esquitos sericíticos, cuarcíticos alternando con esquistos cuarzo del despático-cloríticos, moscovíticos, gneises cuarxosos y micáceos en proporciones variables (PDOT GADP de Morona Santiago, 2019 - 2023).

### **Batolito de Zamora:**

- Edad: Jurásico
- Litología: Granitoides

Incluye el batolito Río Mayo de Baldock (1982) y extensiones mayores descubiertas al N y al E. Es un batolito elongado (~200 km de largo por ~50 km de ancho), segmentado en 3 por las fallas La Canela y Nangaritzta. Forma la parte sur de la Unidad Granitoides Zamora. La litología está dominada por granodioritas de hornblenda-biotita y dioritas. Granitos verdaderos son raros. Rocas porfiríticas y subvolcánicas son comunes en el área de Guaysimi.

### **Formación Hollín:**

- Edad: Cretácico
- Litología: Areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, con escasas intercalaciones de lutitas arenosas.

Esta formación se ubica en las cuencas hidrográficas de los ríos Zamora y Nangaritza. En la primera forma pequeñas unidades discontinuas que se localizan aguas arriba del cantón Yantzaza y en la segunda, se distribuye indistintamente en toda la cuenca, particularmente en el alta y baja. Conjuntamente con la Formación Napo.

Es una arenisca de grano medio a grueso, maciza o con estratificación cruzada, con intercalaciones escasas de lutitas arenosas, localmente micáceas o carbonatadas. Son relativamente comunes las impregnaciones de asfalto. Es parte de los reservorios petroleros principales del Oriente (PDOT GADP de Zamora Chinchipe, 2019 – 2023).

### **Formación Napo:**

- Edad: Cretácico
- Litología: Areniscas y lutitas con calizas subordinadas; caliza gris fosilífera; lutitas oscuras interestratificadas con escasas calizas grises parcialmente fosilíferas.

Similar distribución geográfica que la Formación Hollín, es decir, en las cuencas hidrográficas de los ríos Zamora y Nangaritza, pero con menores ámbitos o dominios espaciales.

Se presenta masiva y se conforma de una serie de calizas muy fosilíferas oscuras, intercaladas con areniscas calcáreas y abundantes lutitas negras y azules; se encuentran también algunos horizontes bituminosos. Se depositó en un ambiente marino en una cuenca alargada de rumbo Norte – Sur.

La formación Napo se superpone concordante a la formación Hollín y se encuentra suprayacida por los “red beds” de formación Tena, con una ligera discordancia erosional. La formación Napo y en especial la Napo medio, conforma unos karts, con fracturas y grietas de disolución en las cuales existe un importante escurrimiento subterráneo (PDOT GADP de Zamora Chinchipe, 2019 – 2023).

### **Formación Misahuallí:**

- Edad: Cretácico
- Litología: Lavas y piroclastos (basaltos y tobas), con areniscas, lutitas y conglomerados.

Incluye todas las rocas volcánicas de origen continental del cinturón subandino (Litherland et al., 1994). Sobreyace la Formación Santiago y está debajo de la Formación Hollín. La localidad tipo se considera un afloramiento a lo largo del Río Misahuallí, 10 km al E de Tena en el sistema del alto Napo. Comprende basaltos y traquitas verdes a grises, tobas y brechas tobáceas violetas a rosadas, lutitas rojas, areniscas y conglomerados. Se han reportado estructuras de pillows en basaltos al E del Río Nangaritza (Litherland et al., 1994) (PDOT GADP de Zamora Chinchipe, 2019 – 2023).

### **Depósitos aluviales:**

- Edad: cuaternario
- Litología: Arenas, limos, arcillas y conglomerados.

Generalmente los ríos que desembocan hacia el oriente forman planicies aterrazadas, las mismas que en algunos sectores son de considerable extensión y sirven como plantaciones y potreros. Estas terrazas se localizan a lo largo de las riveras de los ríos principales como los ríos Zamora, Nangaritza, Yacuambi, Quimi, Chicaza, etc. Compuestos por material de arrastre como grandes y pequeños bloques de intrusivo, lavas de la formación Misahuallí y bloques de areniscas de la formación Hollín, cabe mencionar que en algunos sitios donde están asentadas estas terrazas se extrae oro aluvial (Cabrera y Guerrero, 2011).

### **Deposito coluvio aluviales:**

- Edad: cuaternario
- Litología: Limo-arcillas, arenas, gravas y bloques.

Determinados por procesos dinámicos de vertientes de diferente talla y extensión, se localizan en la parte norte de la provincia, particularmente en la cuenca media del río Yacuambi.

### **Depósitos aluviales (Terrazas)**

- Edad: Cuaternario
- Litología: Conglomerado, limo arenoso, arcilla limosa.

Estas terrazas son superficies planas o escalonadas que se encuentran a lo largo de los valles fluviales y representan antiguos niveles del lecho del río. Se destacan los Ríos Zamora, Nangaritza y Yacuambi.

### **Depósitos de ladera:**

- Edad: cuaternario
- Litología: Gravas y bloques de angulosos a subangulosos, con o sin mezcla irregular y en proporciones variables de elementos finos (limos, arcillas y arenas).

Son acumulaciones de sedimentos y materiales que se desplazan y se depositan en las pendientes de montañas, colinas u otras superficies inclinadas. Estos depósitos resultan de la acción de la gravedad y diversos procesos de erosión y transporte.

### **Depósito de ladera (coluvial):**

- Edad: cuaternario
- Litología: Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos, con ausencia de estratificación y estructuras de ordenamiento interno.

Ver ANEXO 10.4. Mapas temáticos - 06\_Mapa geológico.

#### 4.3.3.2. Geomorfología

Se empleó la información del "Levantamiento de Cartografía Temática a escala 1:25.000, Lote 2 Geomorfología del cantón Yacuambi, Yantzaza, El Pangui y Gualaquiza", llevado a cabo por el MAGAP - SIGTIERRAS, y la información disponible en el geoportal del IIGE (<https://geoportal.geoenergia.gob.ec/>) para describir la geomorfología del área de estudio del PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS PEÑAS 2 Y SU LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 KV.

##### 4.3.3.2.1. Regiones y dominios fisiográficos

Los contextos morfológicos presentes en los cantones Yacuambi, Yantzaza, El Pangui y Gualaquiza, y en relación con los respectivos dominios fisiográficos y regiones a los que pertenecen, se presentan a continuación.

Tabla 4.1-22. Contextos morfológicos del cantón Yacuambi, Yantzaza, El Pangui y Gualaquiza

REGIÓN	DOMINIO FISIAGRÁFICO	CONTEXTO MORFOLÓGICO
Sierra	Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real	Paisajes glaciares
		Paisajes de páramo con modelado periglacial y huellas glaciares poco marcadas
	Vertientes externas de la Cordillera Real	Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, sin cobertura piroclástica (Cordillera Real)
		Relieves escarpados sobre rocas metamórficas, con cobertura piroclástica (Cordillera Real)
Medio aluvial Sierra	Medio aluvial Sierra	
Amazonia	Zona subandina	Cordillera del Cutucú: relieves sobre rocas calcáreas y areniscas, con y sin formas

		estructurales. Sin cobertura de cenizas volcánicas
		Cordillera del Cóndor: relieves accidentados principalmente sobre granitos y modelado estructural sobre areniscas. Sin cobertura de cenizas volcánicas
		Corredores, depresiones (Cosanga, Limón Gualaquiza y Zumba) y vertientes bajas marginales
	Medio aluvial amazónico	Medio aluvial amazónico

Fuente: MAG-SIGTIERRAS, 2015

Elaboración: Equipo consultor, 2024

El área de estudio muestra una transición de las zonas de vertientes externas de la Cordillera Real, que cubre la mayor parte del área de estudio, la Zona Subandina y el Medio aluvial amazónico (representa un bajo porcentaje del área de estudio del proyecto).

#### **Dominio Fisiográfico Vertientes externas de la Cordillera Real**

Las Vertientes externas de la Cordillera Real constituyen el dominio fisiográfico situado entre el de Cimas frías y la Zona Subandina de la región Amazonía.

Da lugar, en conjunto, a relieves imponentes, con vertientes que se caracterizan por grandes desniveles y pendientes fuertes y se desarrollan fundamentalmente sobre formaciones metamórficas donde los componentes estructurales son particularmente visibles, flanqueadas de formaciones graníticas intrusivas, recubiertas parcialmente por proyecciones piroclástica.

#### **Dominio Fisiográfico Zona Subandina**

Este dominio está fuertemente condicionado por la estructura geológica, ya que se corresponde con los levantamientos de una estructura anticlinal y con los corredores, depresiones y estribaciones adyacentes o interiores. Al norte, entre los ríos San Miguel y Anzú, está el levantamiento Napo; mientras que al sur, entre los ríos Pastaza y Chinchipe, está el levantamiento Santiago.

La Cordillera del Santiago es una estructura más abombada y fuertemente accidentada que la Cordillera del Napo. Da lugar a las cordilleras del Cutucú y del Cóndor, paralelas a la Cordillera de los Andes.

Estas cordilleras están muy marcadas en los paisajes y claramente separadas de los relieves andinos, inmediatamente al oeste, por el corredor formado de norte a sur por los ríos Zamora y Nangaritza.

En los predios del cantón Yantzaza y El Pangui, se encuentra la Cordillera de Cóndor, constituida mayoritariamente por granitoides jurásicos del Batolito de Zamora, subyacente a las areniscas cretácicas de la Formación Hollín, Napo y Tena en algunas zonas. Los modelados se distinguen según la influencia de las estructuras o la disección, dependiendo de la litología: las rocas duras originan mesetas, cuevas y crestas, mientras que las rocas blandas originan altas colinas asimétricas.

#### **Dominio Fisiográfico Medio aluvial amazónico**

Este dominio está delimitado y caracterizado por los ríos de la cuenca amazónica y sus depósitos asociados (tanto recientes y aún funcionales como los antiguos, ya desligados de la dinámica actual). Es un sistema muy variable en el tiempo, debido a la intensidad de los procesos de erosión y sedimentación fluviales; además, el sistema fluvial responde con relativa rapidez a los cambios climáticos, modificaciones del nivel de base –locales o globales-, tectónica reciente y actividades humanas.

En los cantones por los que interseca el PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS PEÑAS 2 Y SU LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 KV, este dominio está sujeto a la acción y modelado del río Zamora y sus principales afluentes, cómo son los ríos Yacuambi, Nangaritza, Zarza, Chicaña, Chuchumbeza, Quimi, Machinaza, Bomboiza, Cuyes, Remance, Chuchumbeza, Cuchipamba, Gualaquiza y Yucatez, entre otros.

Estos cauces, conjuntamente con el tipo de material presente en el cantón, han provocado la aparición de terrazas, valles fluviales en V o indiferenciados y barrancos, depósitos de coluvio-aluvial, conos de deyección y cauces y meandros ocasionalmente funcionales

El río Zamora discurre con dirección preferencial S-N, con marcado carácter meandriforme con secciones anastomosadas y se caracteriza por su comportamiento caudaloso.

#### **4.3.3.2.2. Geoformas**

En la siguiente Tabla se presentan las geoformas, ordenadas por grupos genéticos, con su respectiva simbología, área y porcentaje identificados en el área de estudio.

Tabla 4.1-23. Geoformas presentes en el área de estudio.

GEOFORMAS	GRUPO GENÉTICO	SÍMBOLO	ÁREA (HA)	PORCENTAJE
Restos de superficie estructural	Estructural	Esr	16,19	2,37

Barranco	Fluvial	E2	13,30	1,95
Terraza media	Fluvial	Tm	1,05	0,15
Valle en v	Fluvial	E1	15,68	2,29
Valle fluvial	Fluvial	F1	21,36	3,13
Coluvión antiguo	Laderas	Col2	58,69	8,59
Glacis de esparcimiento	Laderas	Pd1	19,35	2,83
Vertiente abrupta	Laderas	La1	41,71	6,11
Vertiente heterogénea	Laderas	Lh1	208,66	30,54
Vertiente heterogénea con fuerte disección	Laderas	Lh4	61,81	9,05
Vertiente rectilínea	Laderas	Lr1	0,14	0,02
Vertiente rectilínea con abruptos	Laderas	Lr4	11,29	1,65
Vertiente rectilínea con fuerte disección	Laderas	Lr2	77,25	11,31
Coluvio aluvial antiguo	Poligenicas	Coa2	19,16	2,81
COLUVIO ALUVIAL RECIENTE	Poligenicas	Coa1	0,97	0,14
Interfluvio de cimas estrechas	Poligenicas	Ar2	12,97	1,90
Relieve colinado alto	Tectónico Erosivo	Rt5	30,06	4,40
Relieve colinado medio	Tectónico Erosivo	Rt4	16,70	2,44
Relieve colinado muy alto	Tectónico Erosivo	Rt6	11,60	1,70
Relieve montañoso	Tectónico Erosivo	Rt7	18,23	2,67
Relieve volcánico colinado alto	Volcánico	Rv11	5,43	0,79
Relieve volcánico montañoso	Volcánico	Rv12	12,40	1,82
No aplicable	-	-	9,22	1,35
TOTAL				

Fuente: MAG-SIGTIERRAS, 2015

Elaboración: Equipo consultor, 2024

A continuación, se describen las geoformas presentes dentro del área de estudio, de acuerdo con su grupo genético:

## **ESTRUCTURAL**

### **❖ Restos de superficie estructural**

Esta geoforma se encuentra en la parte oriental del proyecto, a unos 20 km aproximadamente de la subestación Bomboiza. Ocupa el 2,37% del área de estudio del proyecto. Dentro del contexto morfológico Cordillera del Cutucú, con pendientes fuertes (de 40 a 70%), desniveles relativos mayor a 200 a 300 metros y vertientes muy largas (más de 500 m) con formas irregulares. La composición litológica de estos restos estructurales comprende areniscas y lutitas con calizas subordinadas, caliza gris fosilífera.

## **FLUVIAL**

### **❖ Barranco**

Los barrancos se encuentran distribuidos a lo largo del occidente del proyecto, entre los cantones Yacuambi y Yantzaza. Ocupa el 1,95% del área de estudio del proyecto. Dentro de los contextos morfológicos: vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, sin cobertura piroclástica (Cordillera Real); relieves escarpados sobre rocas metamórficas, con cobertura piroclástica (cordillera real); medio aluvial de sierra; y, corredores, depresiones (cosanga, limon-gualaquiza y zumba) y vertientes bajas marginales, con pendientes fuertes (> 40 a 70%), muy fuertes (>70 a 100%) y escarpadas (>100 a 150%) con formas de valle en V y ausencia generalizada de suelos. Las litologías que se encaja en esta geoforma son del Batolito de Zamora y Rocas Metamórficas.

### **❖ Terraza media**

Esta geoforma se encuentra en la parte centro occidental del proyecto. Ocupa el 0,15% del área de estudio del proyecto. Dentro del contexto morfológico Medio aluvial amazónico, con una pendiente suave (>5 a 12) y litológicamente están constituidas por Conglomerado, limo arenoso, arcilla limosa.

### **❖ Valle en V**

Esta geoforma se encuentra distribuida a lo largo del occidente del proyecto, en el cantón Yacuambi. Ocupa el 2,29% del área de estudio del proyecto. Dentro de los contextos morfológicos medio aluvial de sierra y amazonia, con pendientes fuertes (> 40 a 70%), valles en forma de V. Las litologías que se encaja en esta geoforma corresponden a Serie Zamora y Rocas Metamórficas.

### **❖ Valle fluvial**

Esta geoforma se encuentra en la parte oriental y occidental del proyecto. Ocupa el 3,13% del área de estudio del proyecto. Dentro del contexto morfológico Medio aluvial amazónico, con una pendiente muy suave ( $>2$  a  $5$ ) y la forma del valle es plana. Compuesto por arenas, limos, arcillas y conglomerados.

## LADERAS

### ❖ Coluvión antiguo

Esta geoforma de ladera se distribuye a lo largo del proyecto. Ocupa el 8,59% del área de estudio del proyecto. Dentro del contexto morfológico Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, sin cobertura piroclástica (Cordillera Real), Relieves escarpados sobre rocas metamórficas, con cobertura piroclástica (cordillera real), Cordillera del Cutucú y Corredores, depresiones (Cosanga, Limón-Gualaquiza y Zumba) y vertientes bajas marginales. Las morfologías típicas de estas geoformas responden a perfiles de ladera cóncavoconvexos o mixtos, pendientes de medias ( $>12$  a  $25$ ), medias a fuertes ( $>25$  a  $40\%$ ) y fuertes ( $>40$  a  $70$ ) con desniveles muy variables, de  $5$  a más  $300$  metros, y longitudes que superan los  $50$  metros y, a menudo, los  $500$  metros. Están compuestos por una mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos, con ausencia de estratificación y estructuras de ordenamiento interno.

### ❖ Glacis de esparcimiento

Esta geoforma se encuentra en la parte oriental del proyecto, en las aproximaciones de la subestación Bomboiza. Ocupa el 2,83% del área de estudio del proyecto. Dentro del contexto morfológico Corredores, depresiones (cosanga, limon-gualaquiza y zumba) y vertientes bajas marginales, con una pendiente suave ( $>5$  a  $12\%$ ), un desnivel relativo variable, que fácilmente supera los  $25$  metros, vertientes mixtas moderadamente largas y muy largas. Están formados por una delgada cobertera de depósitos de ladera que comprende gravas y bloques de angulosos a subangulosos, con o sin mezcla irregular y en proporciones variables de elementos finos (limos, arcillas y arenas).

### ❖ Vertiente abrupta

Esta geoforma se encuentra en la parte occidental del proyecto. Ocupa el 6,11% del área de estudio del proyecto. Se encuentra dentro del contexto morfológico relieves escarpados sobre rocas metamórficas, con cobertura piroclástica (cordillera real). Son laderas escasamente disectadas, con pendientes muy fuertes ( $>70\%$  a  $100\%$ ) y escarpada ( $>100\%$  a  $150\%$ ). Presentan fuertes desniveles, de  $50$  a más de  $300$  metros y longitudes de vertiente de más de  $250$  y  $500$  metros con formas rectilíneas. Las litologías que se encaja en esta geoforma son de Rocas Metamórficas y Serie Zamora.

- **Vertiente heterogénea**

Esta geoforma se encuentra distribuida a lo largo del proyecto, ocupa un 30,54% del área del proyecto, se encuentra dentro del contexto morfológico Relieves escarpados sobre rocas metamórficas, con cobertura piroclástica (cordillera real), Corredores, depresiones (cosanga, limon-gualaquiza y zumba) y vertientes bajas marginales, Cordillera del Cutucu y Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, sin cobertura piroclástica (Cordillera Real). Son laderas de perfil mixto o irregular, que presentan pendientes media a fuerte (>25 a 40%), fuertes (> 40 a 70%), muy fuertes (>70 a 100%), desniveles relativos importantes (en los contextos morfológicos donde tienen mayor presencia, superan a menudo los 300 metros). Las litologías que se encaja en esta geoforma son del Batolito de Zamora, Rocas Metamórficas, Formación Hollin, Formación Napo y Formación Misahualli.

- ❖ **Vertiente heterogénea con fuerte disección**

Esta geoforma se encuentra en la parte centro-occidente del proyecto. Ocupa el 9,05% del área de estudio del proyecto. Se encuentra dentro del contexto morfológico Relieves escarpados sobre rocas metamórficas, con cobertura piroclástica (cordillera real) y Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, sin cobertura piroclástica (Cordillera Real). Presenta pendientes desde media a fuerte (>25 a 40%) y fuertes (>40 al 70%), desnivel relativo > 200 metros, y vertientes > 500 metros, con formas irregulares. Las litologías que se encaja en esta geoforma son del Batolito de Zamora, Rocas Metamórficas y Serie Zamora.

- ❖ **Vertiente rectilínea**

Esta geoforma se encuentra en la parte occidental del proyecto. Ocupa el 0,02% del área de estudio del proyecto. Dentro del contexto morfológico Relieves escarpados sobre rocas metamórficas, con cobertura piroclástica (cordillera real), con una pendiente fuerte (>40 a 70%), un desnivel relativo que supera los 200 metros. Las litologías que se encaja en esta geoforma corresponden a la Serie Zamora.

- ❖ **Vertiente rectilínea con abruptos**

Esta geoforma se encuentra en la parte oriental y centro occidental del proyecto. Ocupa el 1,65% del área de estudio del proyecto. Se encuentra dentro del contexto morfológico Cordillera del cutucu y Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, sin cobertura piroclástica (Cordillera Real). Presenta pendientes fuertes (>40 al 70%), desnivel relativo > 200 metros, y vertientes > 250 metros, con formas rectilíneas. Las litologías que se encaja en esta geoforma son del Batolito de Zamora y Formación Misahualli.

#### ❖ **Vertiente rectilínea con fuerte disección**

Esta geoforma se encuentra en la parte occidente del proyecto. Ocupa el 11,31% del área de estudio del proyecto. Se encuentra dentro del contexto morfológico Relieves escarpados sobre rocas metamórficas, con cobertura piroclástica (cordillera real) y Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, sin cobertura piroclástica (Cordillera Real). Presenta pendientes fuertes (>40 al 70%), desnivel relativo > 100 metros, y vertientes > 250 metros, con formas rectilíneas. Las litologías que se encaja en esta geoforma son del Batolito de Zamora y Rocas Metamórficas.

### **POLIGENICAS**

#### ❖ **Coluvio aluvial antiguo**

Esta geoforma se encuentra distribuida a lo largo del área del proyecto. Ocupa el 2,81% del área del proyecto. Se encuentra dentro de los contextos morfológicos Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, sin cobertura piroclástica (Cordillera Real), Medio aluvial de sierra y amazonia, Cordillera del cutucu y Corredores, depresiones (cosanga, limon-gualaquiza y zumba) y vertientes bajas marginales. Las morfologías típicas de estas geoformas responden a perfiles planos y en forma de V, pendientes suaves (>5 a 12%), medias (>12 a 25), medias a fuertes (> 25 a 40%) y fuertes (>40 a 70). Compuestas por limos, arcillas, arenas, gravas y bloques.

#### ❖ **Coluvio aluvial reciente**

Esta geoforma se encuentra distribuida en la parte occidental del proyecto. Ocupa el 0,14% del área de estudio del proyecto. Se encuentra dentro del contexto morfológico Relieves escarpados sobre rocas metamórficas, con cobertura piroclástica (cordillera real). Presenta una pendiente fuerte (>40 a 70). Está compuesta por Limos, arcillas, arenas, gravas y bloques.

#### ❖ **Interfluvio de cimas estrechas**

Esta geoforma se encuentra en la parte occidente del proyecto. Ocupa el 1,90% del área del proyecto. Se encuentra dentro del contexto morfológico Relieves escarpados sobre rocas metamórficas, con cobertura piroclástica (cordillera real) y Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, sin cobertura piroclástica (Cordillera Real). Presenta pendientes medias (>12 a 25), medias a fuertes (> 25 a 40%) y fuertes (>40 al 70%), con cimas agudas. Las litologías que se encaja en esta geoforma son del Batolito de Zamora y Rocas Metamórficas.

### **TÉCTONICO EROSIVO**

#### ❖ **Relieve colinado alto**

Este relieve se encuentra distribuido en la parte occidental, céntrica y oriental. Ocupa un 4,40% del área de estudio del proyecto. Se encuentra dentro de los siguientes contextos morfológicos: Relieves escarpados sobre rocas metamórficas, con cobertura piroclástica (cordillera real) y Corredores, depresiones (cosanga, limon-gualaquiza y zumba) y vertientes bajas marginales. Presenta pendientes medias (>12 a 25), medias a fuertes (> 25 a 40%) y fuertes (>40 a 70), valles en forma de V, vertientes mayores de 50 metros y un desnivel relativo > 100 metros. Las vertientes pueden tener formas mixtas o irregulares y las cimas pueden ser agudas o redondeadas. Las litologías que se encaja en esta geofoma son del Batolito de Zamora, Rocas Metamórficas y Formación Napo.



Figura 4.1-2. Relieve colinado alto – 25/abr/2024 – Tutupali

Fuente: Equipo consultor, 2024.

#### ❖ **Relieve colinado medio**

Esta geofoma se encuentra en la parte céntrica del proyecto. Ocupa un 2,44% del área de estudio del proyecto. Se encuentra dentro del contexto morfológico Relieves escarpados sobre rocas metamórficas, con cobertura piroclástica (cordillera real), Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, sin cobertura piroclástica (Cordillera Real) y Corredores, depresiones (cosanga, limon-gualaquiza y zumba) y vertientes bajas marginales. Con pendientes medias (>12 a 25) y fuertes (>40 a 70). Valles en forma de V, vertientes mayores de 50 metros y un desnivel relativo > 25 metros. Las vertientes pueden tener

formas mixtas, irregulares o rectilíneas y las cimas redondeadas. Las litologías que se encaja en esta geoforma son del Batolito de Zamora y Rocas Metamórficas.



Figura 4.1-3. Relieve colinado medio – 25/abr/2024 – Tutupali

Fuente: Equipo consultor, 2024.

#### ❖ **Relieve colinado muy alto**

Esta geoforma se encuentra en la parte centro-occidental del proyecto. Ocupa un 1,70% del área de estudio del proyecto. Se encuentra dentro del contexto morfológico Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, sin cobertura piroclástica (Cordillera Real). Con pendientes fuertes (>40 a 70). Valles en forma de V, vertientes mayores de 500 metros y un desnivel relativo > 200 metros. Las vertientes pueden tener formas irregulares o rectilíneas y cimas redondeadas. Las litologías que se encaja en esta geoforma son del Batolito de Zamora.

#### ❖ **Relieve montañoso**

Este relieve se encuentra distribuido en la parte centro-occidente y centro-oriente. Ocupa un 2,67% del área de estudio del proyecto. Se encuentra dentro de los siguientes contextos morfológicos: Cordillera del Cutucu, Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, sin cobertura piroclástica (Cordillera Real) y Corredores, depresiones (cosanga, limon-gualaquiza y zumba) y vertientes bajas marginales. Presenta pendientes medias a fuertes (> 25 a 40%), fuertes (>40 a 70) y muy fuerte (>70 a 100%), valles en forma de V, vertientes mayores de 500 metros y un desnivel relativo > 300 metros. Las vertientes pueden tener formas mixtas o irregulares y las cimas redondeadas. Las litologías que se encaja en esta geoforma son del Batolito de Zamora y Formación Napo.

### **VOLCANICO**

#### ❖ **Relieve volcánico colinado alto**

Esta geoforma se encuentra en la parte occidental del proyecto, a unos 0,79 km aproximadamente de la subestación Bomboiza. Ocupa el 1,9% del área del proyecto. Dentro del contexto morfológico Cordillera del Cutucu, con una pendiente fuerte (>40 a 70), desnivel relativo > 200 metros, vértices > 500 metros en forma mixta, cima redondeada y valle en forma de V. Las litologías que se encaja en esta geoforma son de la Formación Misahuallí (Lavas y piroclastos (basaltos y tobas), con areniscas, lutitas y conglomerados).

#### ❖ **Relieve volcánico montañoso**

Esta geoforma se encuentra en la parte oriental del proyecto. Ocupa el 1,82% del área de estudio del proyecto. Dentro del contexto morfológico Cordillera del Cutucu, con una pendiente media a fuerte (>25 a 40), desnivel relativo > 300 metros, vértices > 500 metros en forma rectilínea, cima redondeada y valle en forma de V. Las litologías que se encaja en esta geoforma son de la Formación Misahuallí (Lavas y piroclastos (basaltos y tobas), con areniscas, lutitas y conglomerados).

Ver ANEXO 10.4. Mapas temáticos – 08A\_Mapa geomorfológico.

#### **4.3.3.2.3. Estabilidad geomorfológica**

Cualquier modificación en la base estructural del suelo, ya sea por causas naturales o humanas, altera su forma y provoca desequilibrios que aceleran los fenómenos morfodinámicos. Para evaluar la estabilidad geomorfológica, se creó un modelo digital del terreno que permitió calcular las pendientes del área de estudio. Además, se analizaron otros factores como la textura del suelo, el tipo de rocas, la cobertura y uso actual del suelo, la tectónica, la actividad sísmica y la climatología. Este enfoque integral permitió determinar si una zona es estable o si presenta inestabilidad geomorfológica.

#### **Zonas muy estables**

Estas áreas no experimentan problemas de inestabilidad, ya que varios factores físico-naturales favorecen el entorno, lo que impide el desarrollo de procesos morfodinámicos en la superficie. Es decir que estas áreas no plantean verdaderos problemas de uso, y en donde la realización de obras de acondicionamiento no presenta mayores dificultades ni implica costos excesivos;

Se caracterizan por tener pendientes suaves desde 5 a 12% que se encuentra en terrazas medias, coluvión antiguo y glasis de esparcimiento, las cuales conforman el primer nivel de terraza por encima de los depósitos fluviales, y están constituidos por conglomerado, limo arenoso y arcilla limosa. Y están ocupadas por pastos, cultivos y vegetación secundaria.

### **Zonas relativamente estables**

Estas áreas son generalmente estables debido a las características específicas de la roca, la pendiente y el tipo de suelo, que evitan la ocurrencia de fenómenos como deslizamientos, lo que significa que ciertos problemas morfodinámicos pueden afectar los proyectos de construcción. Por lo tanto, antes de emprender cualquier obra de gran escala, es crucial realizar estudios adicionales para abordar los desafíos derivados del relieve, la vegetación u otras limitaciones. Estos factores no solo influirán directamente en los costos, sino que también deben ser considerados en todas las decisiones de planificación.

Son áreas con pendientes que varían entre el 12% y los 40%, distribuidas en varias geoformas como relieves colinados medios y altos, relieves montañosos, relieve volcánico montañoso, interfluvio de cimas estrechas, depósitos coluvio-aluviales antiguos, coluviones antiguos, vertientes heterogéneas y vertientes heterogéneas con fuerte disección. Estas áreas están compuestas principalmente por granitoides, Areniscas y lutitas con calizas subordinadas; caliza gris fosilífera; lutitas oscuras interestratificadas con escasas calizas grises parcialmente fosilíferas; Limos, arcillas, arenas, gravas y bloques; Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos, con ausencia de estratificación y estructuras de ordenamiento interno; Lavas y piroclastos (basaltos y tobas), con areniscas, lutitas y conglomerados; y Rocas metamórficas indiferenciadas. Las áreas están mayoritariamente cubiertas por pastos, cultivos y vegetación secundaria.

### **Zonas relativamente inestables**

Son áreas con una considerable inestabilidad donde los problemas relacionados con la morfodinámica son fundamentales. Es aún más crucial que en las zonas relativamente estables, realizar estudios geotécnicos de viabilidad antes de cualquier intervención. En muchos casos, podría resultar menos costoso y más seguro evitar la realización de grandes obras. Se recomienda proteger estas áreas, mediante medidas como la reforestación o la imposición de restricciones de acceso, tala y pastoreo por motivos de seguridad.

Estas áreas presentan pendientes que oscilan entre el 40% y el 70%, distribuidas en diversas geoformas como barrancos, vertientes heterogéneas, vertientes rectilíneas, vertientes rectilíneas con fuerte disección, vertientes heterogéneas con fuerte disección, valles en V, coluviones antiguos, coluvión aluvial reciente, relieves montañosos, relieves colinados altos y muy altos, relieves volcánicos colinados altos y muy altos. Están compuestas principalmente por rocas metamórficas diferenciadas; granitoides y rocas metamórficas (filitas, cuarcitas, esquistos y gneises); mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos, con ausencia de estratificación y estructuras de ordenamiento interno;

lavas y piroclastos (basaltos y tobas), con areniscas, lutitas y conglomerados. Estas áreas están mayoritariamente cubiertas por cultivos, pastos y bosques.

### **Zonas Inestables**

Estas áreas se caracterizan por una alta inestabilidad debido a diversos factores físico-naturales, lo que aumenta significativamente el riesgo de perturbación del equilibrio natural. Presentan numerosos problemas morfológicos y tienen un potencial de uso humano, tanto para proyectos urbanos como rurales, extremadamente limitado. Cualquier intervención en estas áreas sería desproporcionada respecto a los costos involucrados. En este caso, la recomendación principal es enfocarse en la conservación de los equilibrios naturales y del medio ambiente.

Estas áreas exhiben pendientes superiores a los 70%, distribuidas en diversas geformas como vertientes heterogéneas, vertientes abruptas, barrancos y relieve montañoso. Están compuestas principalmente por rocas metamórficas diferenciadas y granitoides. Con una textura de suelo que varía desde franco arenoso, franco, franco arcillo – arenoso y arcilloso. La cobertura vegetal en estas zonas consiste principalmente en vegetación poco intervenida, vegetación secundaria y pastos.

Ver ANEXO 10.4. Mapas temáticos – 08B\_Mapa modelo digital del terreno.

Ver ANEXO 10.4. Mapas temáticos – 08C\_Mapa de pendientes.

#### **4.3.3.3. Sismicidad**

Ecuador está ubicado en la zona de subducción de la Placa de Nazca y la placa Sudamericana. Se estima que esta dinámica de subducción ocurre desde el Jurásico Inferior en aproximadamente 190Ma. Esta subducción de la placa oceánica debajo de la litosfera continental produce intensa de formación geológica intracontinental, vulcanismo y tormentas de alta magnitud terremotos a lo largo del margen de subducción (Bilek, 2010; Lonsdale, 1978). Además el movimiento hacia el este de un gran bloque en el norte de América del Sur, conocido como el norte de los Andes. Sliver (NAS) y varios complejos de fallas locales constituyen factores geotectónicos que generan gran actividad sísmica (Nocquet et al., 2014).

Durante el año 2023, la Red Nacional de Sismógrafos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (RENSIG), localizó 3466 eventos de origen tectónico en el Ecuador de los cuales 43 tuvieron una magnitud igual o superior a 4 MLv (magnitud local).

Entre 2018 y 2021, el número de eventos registrados y localizados se mantuvo entre 4500 y 5000, rango habitual para el nivel de detección de la red sísmica, sin embargo, aún se mantuvieron valores mayores a los observados antes del Terremoto de Pedernales en 2016. El alto número de eventos en el año 2022,

se debió a la actividad en la fuente El Ángel y por la ocurrencia de dos crisis en la fuente Esmeraldas, en marzo y agosto (consultar informes sísmicos anuales anteriores). Finalmente, en el año 2023 se observó un marcado descenso en el número de eventos sin que se registren crisis sísmicas significativas ni sismos con un número alto de réplicas (IGEPN, 2023).

Para el Ecuador, las fuentes sísmicas se han clasificado como: fuentes de la interfaz, fuentes corticales y fuentes del slab o de profundidad intermedia (Yepes et al., 2016; Beauval et al., 2018).

#### **4.3.3.3.1. Sismicidad en las fuentes de la interfase**

La interfaz corresponde a la zona de contacto entre la placa oceánica de Nazca que choca y se introduce (o se subduce) por debajo del continente y de manera particular en el Ecuador, por debajo de los bloques (slivers) Andino e Inca (Nocquet et al., 2014).

De acuerdo al trabajo de Beauval et al. (2018), existe una redefinición del límite sur de la fuente Esmeraldas que limita con una nueva fuente denominada Isla de Plata, y, la antigua fuente Talara (Yepes et al., 2016) se ha dividido en dos: Golfo de Guayaquil y Talara propiamente dicha. Las fuentes Talara, Golfo de Guayaquil y de La Plata se extienden desde la fosa hasta una profundidad de 40 km mientras que la fuente Esmeraldas se extiende desde la fosa hasta una profundidad de 50 km.

En el año 2023, la actividad sísmica en todas las fuentes de la interfaz fue baja con menos de 30 eventos mensuales con magnitudes promedios entre 2.69 y 3.85. Dos de los 10 eventos más grandes registrados en el 2023, ocurrieron en las fuentes de la interfaz: en la fuente Esmeraldas, el 27 de junio UTC y en la fuente Talara, el 4 de agosto UTC (IGEPN, 2023).

El área de estudio se encuentra paralela a la fuente Golfo de Guayaquil y Talara, con sismicidad baja. En la siguiente tabla se detalla las características de la sismicidad de esta fuente (IGEPN, 2023).

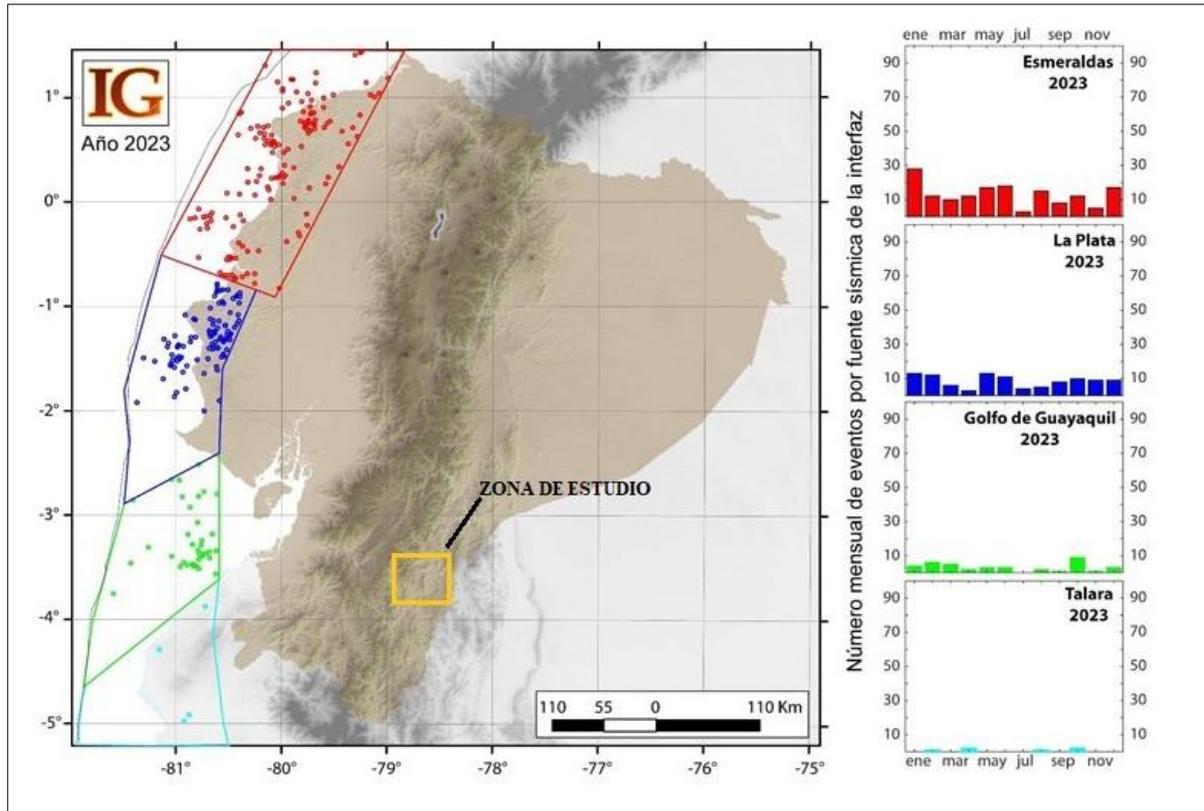


Figura 4.1-4. Sismicidad en las fuentes de la interfase

Fuente: IGEPN, 2023

Tabla 4.1-24. Características de la sismicidad en las fuentes de la interfaz

TIPO DE FUENTE	NOMBRE DE LA FUENTE	PROFUNDIDAD	MAGNITUD MÁXIMA	MAGNITUD MÍNIMA	MAGNITUD PROMEDIO	NÚMERO DE EVENTOS
Fuentes de la interfaz	Golfo Guayaquil	0 - 40	4.38	2.19	2.99	39
	Talara	0 - 40	5.40	2.97	3.85	6

Fuente: IGEPN, 2023

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

#### 4.3.3.2. Sismicidad en las fuentes de corticales

Las fuentes corticales se describen por las principales estructuras tectónicas y por la sismicidad superficial relacionada con la fractura frágil de la corteza.

Las fuentes corticales según Yepes et al. (2016) y Beauval et al. (2018) comprenden:

- El sistema principal de fallas que limita el Sliver Norandino (NAS) y la zona estable de Sudamérica con los segmentos de Puná, Pallatanga, Cosanga y Chingual (PPCC; Alvarado, 2012; Alvarado et al., 2016).
- Los sistemas de fallas inversas Quito-Latacunga (UIO-Lat).
- El sistema de fallas de rumbo de El Ángel.
- Las fallas que definen el levantamiento y los pliegues en la zona subandina: Napo y Cutucú.
- Dos fuentes adicionales que engloban la sismicidad dispersa o de background fuera de las fallas principales: BGN (Background Norte) que comprende la zona de las cuencas de la costa al norte del límite NAS-Sudamérica y BGS (Background Sur), al sur de este límite.

En este grupo se incluye también la sismicidad que puede ocurrir en la corteza oceánica –Placa Nazca- antes de entrar en subducción; a esta fuente se la denomina pre-fosa.

El número de eventos por mes durante el 2023 en las fuentes corticales, también fue menor a 50 por mes, excepto en las fuentes Quito-Latacunga y El Ángel, con magnitudes promedio de 1.44 y 1.05 MLv respectivamente. En la fuente Quito-Latacunga, hay un pico en el número mensual registrado en el mes de marzo, correspondiente a un pequeño enjambre localizado a unos 15 km al OSO de la población de Machachi y que tuvo magnitudes entre 0.7 y 3.6 MLv. En la fuente El Ángel, la actividad se mantiene constante pero relativamente alta, a lo largo del año, tanto en el valle interandino al SE del complejo Cotacachi-Cuicocha como en las fallas y estructuras al SE del complejo Chiles-Cerro Negro (IGEPN, 2023).

Cuatro sismos grandes (magnitud  $> 5$  MLv) ocurrieron en las fuentes corticales: el primero en la fuente pre-fosa, el 1 de febrero UTC, el segundo en la fuente Napo, el 18 de junio UTC, el tercero en la fuente BGN que abarca las cuencas de la Costa, el 7 de noviembre UTC y el cuarto, el 22 de noviembre UTC en la fuente Cutucú.

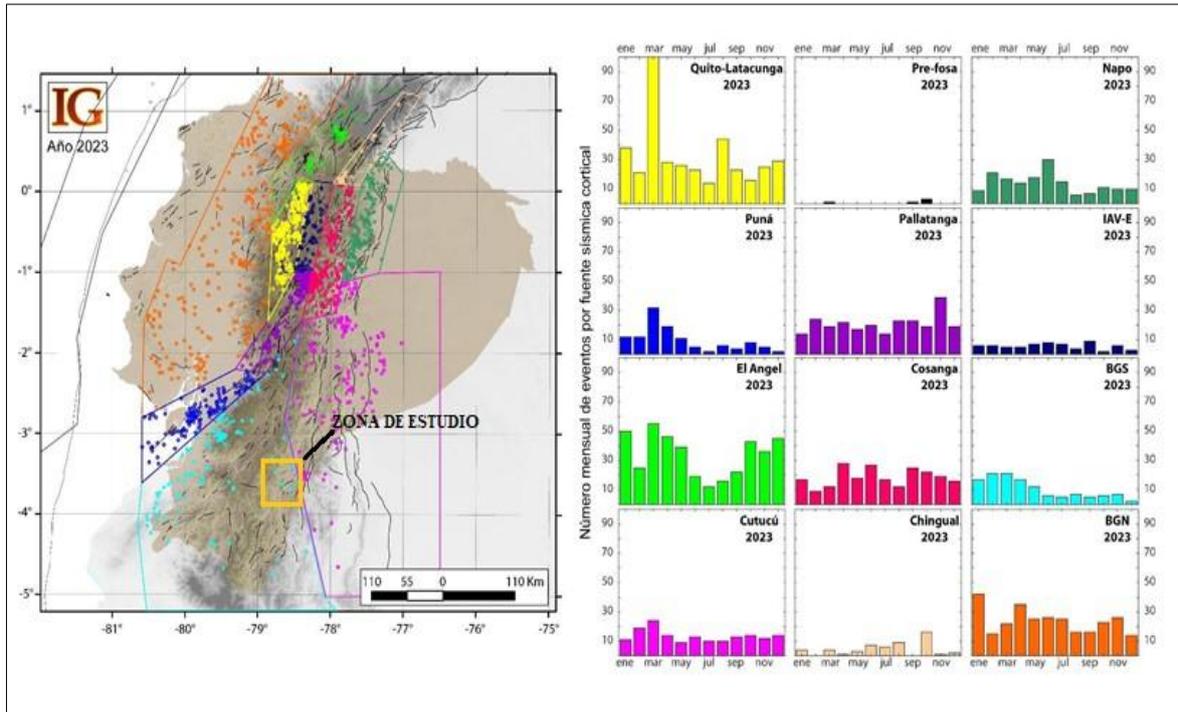


Figura 4.1-5. Sismicidad en las fuentes corticales

Fuente: IGEPN, 2023

El área de estudio se encuentra dentro de las fuentes BGS y Cutucú con las siguientes características:

Tabla 4.1-25. Características de la sismicidad en las fuentes corticales

TIPO DE FUENTE	NOMBRE DE LA FUENTE	PROFUNDIDAD	MAGNITUD MÁXIMA	MAGNITUD MÍNIMA	MAGNITUD PROMEDIO	NÚMERO DE EVENTOS
Fuentes corticales	BGS	0 - 35	4.35	0.00	2.46	126
	Cutucú	0 - 35	5.13	1.19	2.52	163

Fuente: IGEPN, 2023

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

#### 4.3.3.3. Sismicidad en las fuentes profundas o slab

Las fuentes del slab se definen como volúmenes a diferentes profundidades con el fin de englobar el slab o 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). La ocurrencia de sismos en el slab (en subducción) parece estar delimitada por la prolongación

de esta fractura bajo el continente. Al norte de la fractura se observan sismos con magnitudes relativamente pequeñas, comparado a los observados al sur de la fractura.

El área de estudio se encuentra dentro de las fuentes Loja y Morona las cuales está en un rango de profundidad 35 – 100 km y 100-130 km, respectivamente, pertenecientes a la placa Farallón.

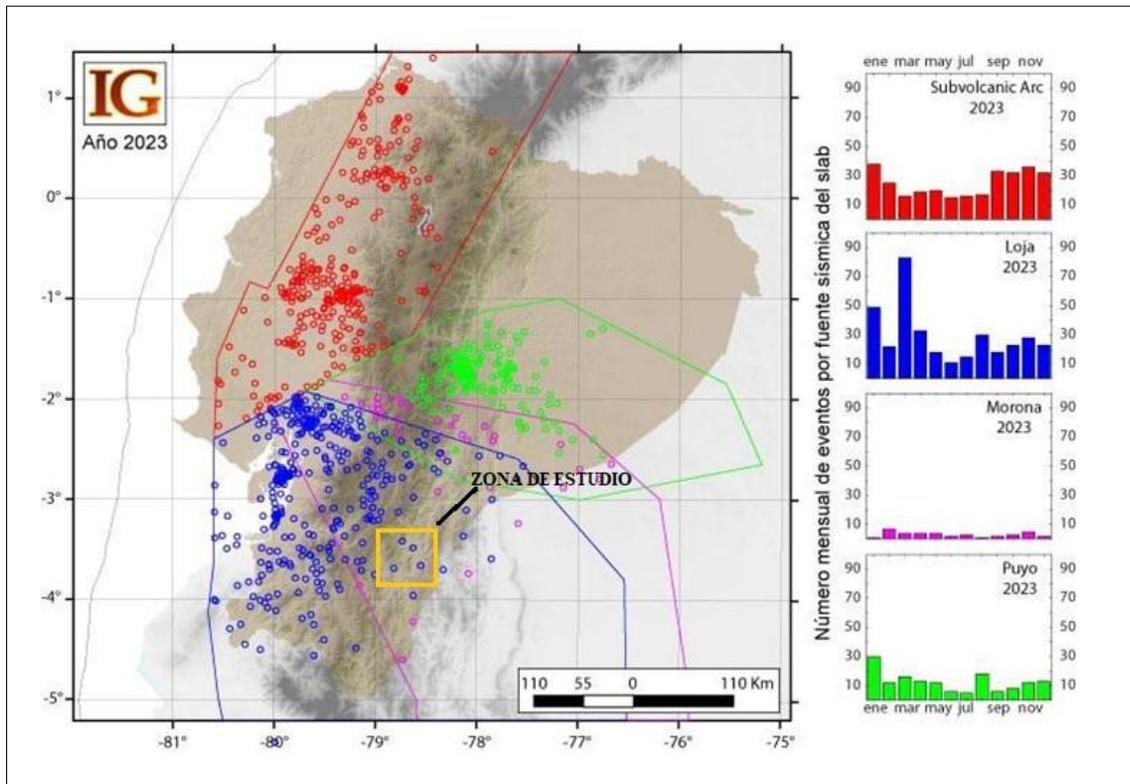


Figura 4.1-6. Sismicidad en las fuentes sísmicas profundas o slab

Fuente: IGEPN, 2023

En el caso de las fuentes del slab, también se registró un número menor a 50 eventos/mes, excepto en la fuente Loja, donde se registró hasta 83 eventos en el mes de marzo, mayormente asociados con el sismo del 18 de marzo UTC.

Las magnitudes promedio en las fuentes del slab fueron entre 2.20 y 2.71 MLv. En esta fuente se registró 4 eventos con magnitudes superiores a 5 MLv: el primero, el 18 de marzo UTC, el segundo el 25 de abril, el tercero el 5 de agosto y el cuarto, el 21 de agosto.

Tabla 4.1-26. Características de la sismicidad en las fuentes profundidad o slab

TIPO DE FUENTE	NOMBRE DE LA FUENTE	PROFUNDIDAD	MAGNITUD MÁXIMA	MAGNITUD MÍNIMA	MAGNITUD PROMEDIO	NÚMERO DE EVENTOS

Fuentes del slab	Loja	35 - 100	6.57	0.00	2.55	353
	Morona	100 - 130	3.80	1.86	2.61	38

Fuente: IGEPN, 2023

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

#### 4.3.3.4. Hidrogeología

La noción ampliamente reconocida, según E. Custodio y M.R. Llamas en su obra "Hidrología Subterránea", publicada por Ediciones Omega S.A. en Barcelona en 1983, página 249, es que la hidrogeología es la rama de la hidrología que trata del agua subterránea, su yacimiento y movimientos, su enriquecimiento y empobrecimiento; de las propiedades de las rocas que controlan sus movimientos y almacenamiento, así como de los métodos de su investigación, utilización y conservación (Burbano et al., 2015).

##### 4.3.3.4.1. Hidrogeología Regional

Utilizando el Mapa Hidrogeológico del Ecuador "Escala 1:250000, (SENAGUA, 2014), se han identificado tres categorías principales de formaciones rocosas clasificadas en función de sus atributos litológicos y su relevancia hidrogeológica.

Tabla 4.1-27. Matriz de Litopermeabilidades

UNIDADES LITOLÓGICAS	TIPO DE PERMEABILIDAD	LITOLOGÍA	GRADO DE PERMEABILIDAD
Con importancia hidrogeológica	Primaria (Porosidad Intergranular)	Asociados con Rocas clásticas no consolidadas de edad cuaternaria.  Con importancia hidrogeológica relativa; de extensión local, con calidad química del agua buena; con posibilidad de explotar a través de pozos someros	Alta
		Asociados con sedimentos clásticos no consolidados del cuaternario indiferenciado.	Media a alta

		<p>Predominantemente afloran en las cuencas de los ríos Guayas, Taura, Balao, Jubones, San Miguel, Putumayo, Aguarico y Morona; y en los valles interandinos.</p> <p>La extensión de estos acuíferos es regional, aunque en algunos lugares son limitados, libres y/o confinados</p> <p>La explotación se realiza a través de pozos perforados de profundidad variable y pozos excavados.</p> <p>Este grupo representa una unidad hidrogeológica de gran importancia.</p>	
		<p>Asociados con sedimentos clásticos consolidados y no consolidados, de edad terciaria-cuaternaria, constituidos principalmente por areniscas y conglomerados predominantes sobre arcilla, tobas y limos.</p> <p>Estos depósitos afloran extensamente en la Costa y Amazonía y esporádicamente en el Callejón Interandino.</p> <p>Forman acuíferos locales o discontinuos, pueden ser explotados a través de pozos perforados de profundidad variable.</p>	Media
		<p>Asociados con sedimentos clásticos consolidados y no consolidados de edad terciaria-cuaternaria, constituidos principalmente de conglomerados, areniscas con</p>	Baja a media

		<p>cantidades variables de tobas, arcillas y limos.</p> <p>Este grupo comprende acuíferos locales o discontinuos de difícil explotación, debido a algunos casos a la gran profundidad del nivel del agua y por encontrarse en finas capas o lentes de arenas.</p>	
		<p>Asociados con sedimentos clásticos consolidados y no consolidados de edad terciaria-cuaternaria constituidos principalmente por arcillas, limos, tobas. Asociados con conglomerados, areniscas, lutitas y calizas.</p> <p>Constituyen acuíferos muy locales y/o discontinuos, de difícil explotación por encontrarse en finas capas o lentes de arena asociada con arcilla</p>	Baja
	Secundaria (Fisuración o karstificación)	<p>Asociados con Rocas extrusivas ácidas y básicas de volcanismo reciente.</p> <p>Localmente restringidos a zonas racturadas.</p>	Alta
		<p>Asociados con rocas cataclásticas y piroclásticas, calizas alóctonas y en menor proporción areniscas y, los tobas, que son acuíferos locales de aprovechamiento por manantiales principalmente, restringidos a zonas fracturadas y de intemperismo de rocas porosas.</p>	Media

		Asociados con rocas porfíricas, diabasas, cuarcita, cataclástitas, lutitas y pizarras; son acuíferos muy locales restringidos a zonas fracturadas y con aprovechamiento sólo por manantiales.	Baja
Sin importancia hidrogeológica	Impermeables	Asociados con sedimentos consolidados a no consolidados, constituidos exclusivamente por arcillas y lutitas, raramente areniscas y conglomerados.  Son acuíferos muy locales, sin excluir la ocurrencia de aguas subterráneas en profundidad.	Muy baja
		Prácticamente ausentes en rocas intrusivas y efusivas, comprendiendo principalmente granitos, granodioritas, riolitas y rocas metamórficas masivas que, constituyen rocas con posibilidades hídricas muy escasas o prácticamente impermeables.	Prácticamente impermeables

Fuente: ESPOL-TECH E.P., CIPAT – ESPOL y Ex - SENAGUA ,2014; Burbano et al., 2015

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

#### 4.3.3.4.2. Hidrogeología local

En base a la información publicada en el PDOT GADM de Yacuambi 2011, se identifica que el 90,67% del suelo del Cantón es prácticamente impermeable; este tipo de suelo generalmente está formado por rocas arcillosas, rocas sedimentarias, granito, basalto y piedra arenisca; elementos que no permiten la fácil absorción de aguas lluvias y en consecuencia, el riesgo de erosión del suelo es muy alto especialmente en áreas deforestadas.

Ahora bien, en los resultados obtenidos en el trabajo realizado por la Empresa Pública de Servicios (ESPOL-TECH EP) y el Centro de Investigación y Proyectos Aplicados a las Ciencias de la Tierra (CIPAT) de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) en 2014 para la ex Secretaria Nacional

del Agua (SENAGUA), se determina la permeabilidad de las formaciones geológicas. A continuación, se detallan las propiedades de permeabilidad del área de investigación mediante la identificación de las formaciones geológicas presentes en dicho lugar.

- **Serie Zamora**

Desde el punto de vista hidrogeológico son rocas prácticamente impermeables, no reciben las precipitaciones por la cobertura volcánica antes mencionada y como tal guardan las características acuífugas, sin descartar flujos puntuales favorecidos por diaclasamiento y fallamiento (ESPOL-TECH E.P., CIPAT – ESPOL y Ex - SENAGUA ,2014).

- **Formación Hollín**

Esta formación geológica del Mesozoico (Cretácico), se encuentra constituida por areniscas y cuarcitas, conformando una unidad hidrogeológica de porosidad primaria y permeabilidad alta a media debido a su constitución granular (ESPOL-TECH E.P., CIPAT – ESPOL y Ex - SENAGUA ,2014).

- **Formación Napo**

La Unidad hidrogeológica comprende varios acuíferos locales y/o discontinuos de porosidad secundaria y permeabilidad alta, que ocupa una extensión de la cuenca del río Santiago, situado en la provincia Zamora Chinchipe (ESPOL-TECH E.P., CIPAT – ESPOL y Ex - SENAGUA ,2014).

- **Depósitos cuaternarios**

Estas unidades hidrogeológicas están constituidas por las formaciones sedimentarias cuaternarias, tales como abanicos aluviales, depósitos aluviales, depósitos coluviales, depósitos fluvio-glaciares, depósitos glaciares, depósitos lagunares, derrumbes, terrazas, lahares. Estas unidades geológicas se encuentran formadas principalmente por sedimentos detríticos transportados por los ríos, glaciares, lagos, o depositados por caídas gravitacionales. En general son detritus de dimensiones y composición muy heterogénea, poco consolidados, lo que les confieren a las unidades hidrogeológicas que conforman una porosidad primaria y una alta permeabilidad (ESPOL-TECH E.P., CIPAT – ESPOL y Ex - SENAGUA ,2014).

Según la información cartográfica proporcionada por el MAATE disponible en su geoportal (<http://ide.ambiente.gob.ec:8080/mapainteractivo/>) y la clasificación obtenida en los estudio de ESPOL-TECH E.P., CIPAT – ESPOL y Ex - SENAGUA en 2014, se determinó que los suelos del área de implantación de las infraestructuras de la central hidroeléctrica son prácticamente impermeables. En cambio, el área de la línea de transmisión presenta suelos con permeabilidades que varían desde

prácticamente impermeables hasta generalmente altas en el tramo de las parroquias 28 de Mayo, La Paz Yantzaza y parte de Chicaña. Por otro lado, en el tramo restante de la parroquia Chicaña, y en las parroquias El Pangui y El Guisme, la permeabilidad varía de generalmente baja a media y generalmente alta. Y en la parroquia Bomboiza, los suelos varían desde someros y prácticamente impermeables hasta profundos y generalmente altos en las proximidades de la subestación Bomboiza.

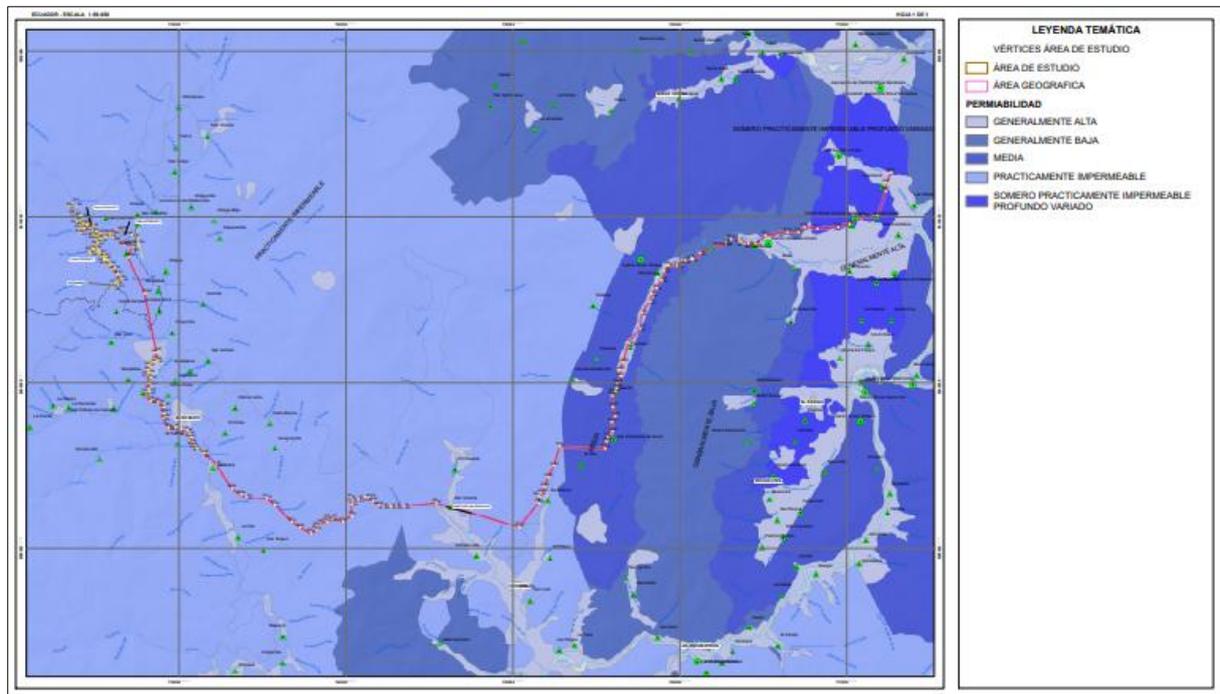


Figura 4.1-7. Mapa hidrogeológico del área de estudio del proyecto

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

Ver ANEXO 10.4. Mapas temáticos – 07\_Mapa hidrogeológico.

#### 4.3.3.5. Edafología

La edafología es una disciplina científica moderna que se dedica al estudio del suelo, analizando su naturaleza, funciones y su relación con las plantas y el entorno. Proviene del griego, donde "edafos" significa suelo y "logía" estudio, cubriendo aspectos como morfología, propiedades, evolución, formación, taxonomía, distribución, recuperación y conservación del suelo (Universitat Carlemany, 2022). Desde una perspectiva física, química y biológica, tipifica los diferentes tipos de suelos, entendiendo la parte superficial de la corteza terrestre compuesta por sustancias orgánicas y minerales.

Según Weii 2000, citado por Chavarría, F (2009), el suelo constituye la esencia del estudio de la edafología. Se le considera al suelo como un ser natural estructurado, que se encuentra en constante cambio y que para su formación y evolución depende de factores bióticos como abióticos. Entre estos

factores está el clima, organismos, el relieve y el tiempo; todos ellos actuando sobre el material parental, la roca madre.

Para el análisis edafológico de suelos en el área de estudio se utilizó las Claves para la Taxonomía de Suelos, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), sistema que utilizó el MAG en el 2020 en la elaboración del mapa de Cobertura y uso de la tierra y Sistemas productivos agropecuarios del Ecuador, escala 1:25.000.

Tabla 4.1-28. Cronología de Estudio de Suelos

CLASIFICACIÓN NATURAL DE LOS SUELOS		
Orden	Sub-orden	Gran grupo

Fuente: SOIL TAXONOMY USDA - MAG, 2020

Elaboración: Equipo consultor, 2024

#### 4.3.3.5.1. Suelos en la región amazónica

Los suelos en la región amazónica son conocidos por su escasez de nutrientes y su bajo valor nutricional. Principalmente clasificados como Inceptisoles, estos suelos se caracterizan por su baja fertilidad, alta acidez y presencia de aluminio, así como deficiencias de fósforo, calcio y potasio. Además, presentan problemas físicos como una estructura poco definida y una alta saturación de humedad, lo que conduce a la acumulación de materia orgánica de baja calidad (Pérez, 2009). A pesar de estas condiciones, la vegetación en esta región es exuberante, lo que puede llevar a la confusión al asumir que los suelos son fértiles debajo de ella. Este empobrecimiento en nutrientes se atribuye principalmente a las altas temperaturas, las fuertes precipitaciones y la historia geológica de la región, que incluye procesos intensos de meteorización y lixiviación (Moragas, 2008).

#### 4.3.3.5.2. Taxonomía de suelos según el orden, sub – orden y Gran grupo

A partir de los datos cartográficos, se ha identificado la taxonomía del suelo presente en el área de estudio.

Tabla 4.1-29. Taxonomía de suelo del área de estudio

ORDEN	SUBORDEN	GRAN GRUPO	SUPERFICIE (Ha)	PORCENTAJE (%)
ALFISOLES	UDALFS	HAPLUDALFS	52,34	7,66

Suelos minerales con presencia de horizontes con buen grado de desarrollo pedogenético; un horizonte superficial claro y lavado (eluviación) sobre horizonte argílico (acumulación de arcilla); Saturación de bases elevada; generalmente sobre superficies antiguas.	De áreas húmedas; no permanecen secos ni siquiera 90 días al año o 60 días acumulados.	KANDIUDALFS		
		KANHAPLUDALFS		
<p><b>ENTISOLES</b></p> <p>Suelos con poca o ninguna evidencia de desarrollo de horizontes pedogenéticos.</p> <p>Dominio de material mineral no consolidado.</p>	<p><b>ORTHENTS</b></p> <p>Superficies de erosión recientes.</p>	UDORTHENTS	11,02	1,61
<p><b>HISTOSOLES</b></p> <p>Suelos orgánicos; alto contenido de materia orgánica (&gt;30%); generalmente saturados de agua.</p>	<p><b>FIBRIST</b></p> <p>Acumulación de restos orgánicos ligeramente descompuestos.</p>	HAPLOFIBRISTS	13,00	1,90
<p><b>INCEPTISOLES</b></p> <p>Suelos minerales con un incipiente desarrollo de horizontes pedogenéticos (uno o más horizontes de alteración o concentración); de superficies geomórficas jóvenes.</p> <p>Representan una etapa subsiguiente de evolución en relación con los Entisoles.</p>	<p><b>UDEPTS</b></p> <p>No permanecen secos ni siquiera 90 días al año o 60 días acumulados.</p>	DYSTRUDEPTS	564,49	82,63
		EUTRUDEPTS		
<p><b>MOLLISOLES</b></p> <p>Suelos minerales con superficie muy oscura, de gran espesor y rica en carbono orgánico (epipedón móllico); con presencia de algunos horizontes de mayor desarrollo pedogenético; ricos en bases.</p>	<p><b>UDOLLS</b></p> <p>No permanecen secos ni siquiera 90 días al año o 60 días acumulados.</p>	HAPLUDOLLS	4,15	0,61

NO APLICABLE				
Áreas pobladas, cuerpos de agua, eriales-sin cobertura vegetal e infraestructura antrópica.	-	-	9,22	1,35
TIERRAS MISCELÁNEAS				
Tierras que no están caracterizadas como unidades de suelos o unidades taxonómicas.	-	-	28,97	4,24
TOTAL			651,88	100

Fuente: MAG, 2020

Elaboración: Equipo consultor, 2024

- **Inceptisol**

Son aquellos suelos incipientes o jóvenes que están empezando a manifestar el desarrollo de los horizontes pues son ligeramente más desarrollados que los Entisoles. Aquí, aparecen suelos con uno o más horizontes de diagnóstico cuya génesis es de rápida formación, con procesos de translocación de materiales o meteorización extrema. También incluyen suelos cuyos horizontes de diagnóstico, aun estando algo desarrollados, carecen de rasgos pertenecientes a otros órdenes del suelo (SIGTIERRAS, 2017).

En este orden encontramos suelos con propiedades físicas y químicas muy variables, como, por ejemplo: suelos desde mal drenados a bien drenados, texturas de arenosas a arcillosas, pH de ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos, con saturación de bases mayor o menor a 60% (SIGTIERRAS, 2017).

Los Inceptisoles ocurren en cualquier tipo de clima y se han originado a partir de diferentes materiales parentales (materiales resistentes o cenizas volcánicas); en posiciones de relieve extremo, fuertes pendientes o depresiones o superficies geomorfológicas jóvenes. Este orden es el más extenso, representa el 82,63% del área total de estudio del proyecto.

- **Alfisoles**

Son suelos minerales con buen grado de desarrollo edafogenético que tienen un horizonte superficial claro (epipedón ótrico) sobre un horizonte enriquecido con arcilla (horizonte argílico o nátrico o kándico) producto de la translocación de arcilla del horizonte superficial. Tienen una saturación de bases mayor al 35% y generalmente se desarrollan sobre relieves muy antiguos o en paisajes jóvenes pero que han permanecido estables, esto es, libres de erosión y otras perturbaciones edáficas, cuando menos a lo largo del último milenio (SIGTIERRAS, 2017). Representa el 7,66% del área de estudio.

- **Histosoles**

En este orden se agrupan los suelos con un elevado contenido de materiales orgánicos (turba) en diferentes estados de alteración en un espesor superior a 40 cm, sin propiedades ándicas y/o con saturación de agua durante 30 días o más cada año. Estos suelos están limitados a cuencas pobremente drenadas, depresiones, pantanos y tierras pantanosas con nivel freático somero y áreas de tierras altas con una elevada relación de precipitación / evapotranspiración (SIGTIERRAS, 2017). Representa el 1,90% del área de estudio.

- **Entisoles**

Son aquellos suelos que se caracterizan por ser los de más baja evolución, con muy poca o ninguna evidencia de formación de horizontes edafogénicos; tal vez porque su tiempo de desarrollo ha sido muy corto o muy lento, o se encuentran en fuertes pendientes que aceleran los procesos de erosión o en áreas susceptibles a inundaciones. También suelen aparecer en zonas de barrancos con aluviones constantes que no permiten el desarrollo en profundidad (SIGTIERRAS, 2017). Representa el 1,61% del área de estudio.

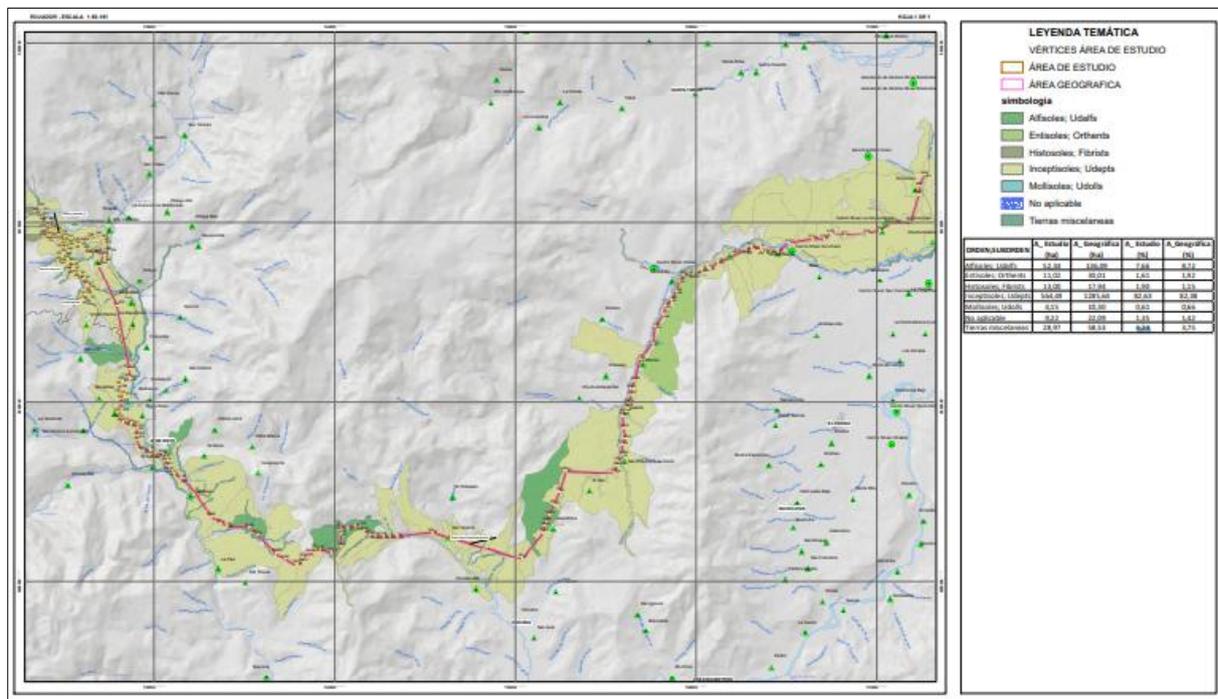


Figura 4.1-8. Mapa edafológico del proyecto

Elaborado por: Equipo consultor, 2024.

Ver ANEXO 10.4. Mapas temáticos – 10\_Mapa edafológico.

#### 4.3.3.6. Análisis calidad de suelo

La presente evaluación de calidad de suelo tiene la finalidad de determinar las condiciones de calidad actuales, comparando los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio con los límites máximos establecidos en la legislación ambiental ecuatoriana vigente.

##### 4.3.3.6.1. Metodología

El análisis de calidad de suelo se determinó a través del laboratorio LABCESTTA TECNOLOGIA Y CALIDAD acreditado ante Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), con registro No. SAE LEN 18-034.

En el segundo inciso del numeral 4.5.1.1, correspondiente a Muestreo y Análisis de Suelo, del Anexo 2 del Libro VI del Acuerdo Ministerial 097-A, publicado el 4 de noviembre de 2015, se establece que: para los proyectos, obras o actividades mayores a 100 hectáreas, se tomará una muestra compuesta por cada 100 hectáreas, formada por 15 submuestras (AM-097A, 2015).

Bajo este lineamiento, considerando que el área de estudio tiene aproximadamente 683,19 hectáreas, pero el área de implantación de las infraestructuras del proyecto tiene 242,85 hectáreas, se decidió recolectar dos muestras compuestas de suelo para el análisis físico – químico.

Los resultados obtenidos se compararon en función de los límites máximos permisibles establecidos en el Anexo 2, Tabla 1: Criterios de calidad de suelo, del Acuerdo Ministerial 097-A.

Los sitios de muestreo se establecieron en función de su accesibilidad y seguridad para el equipo muestreador.

##### 4.3.3.6.2. Ubicación

La siguiente tabla detalla los lugares exactos donde se recolectaron las muestras para llevar a cabo el análisis de calidad de suelo.

Tabla 4.1-30. Ubicación de los puntos de muestreo – Calidad de suelo

N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	COORDENADAS		FECHA DE MUESTREO (DD/MM/AAAA)	DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO
		X	Y		
1	S-3	727461,89	9608422,19	16/5/2024	Casa de maquinas
2	S-4	726128,39	9608902,06		Tanque de carga

Fuente: Informe de monitoreo No: SDA-005-24; No: SDA-006-24

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

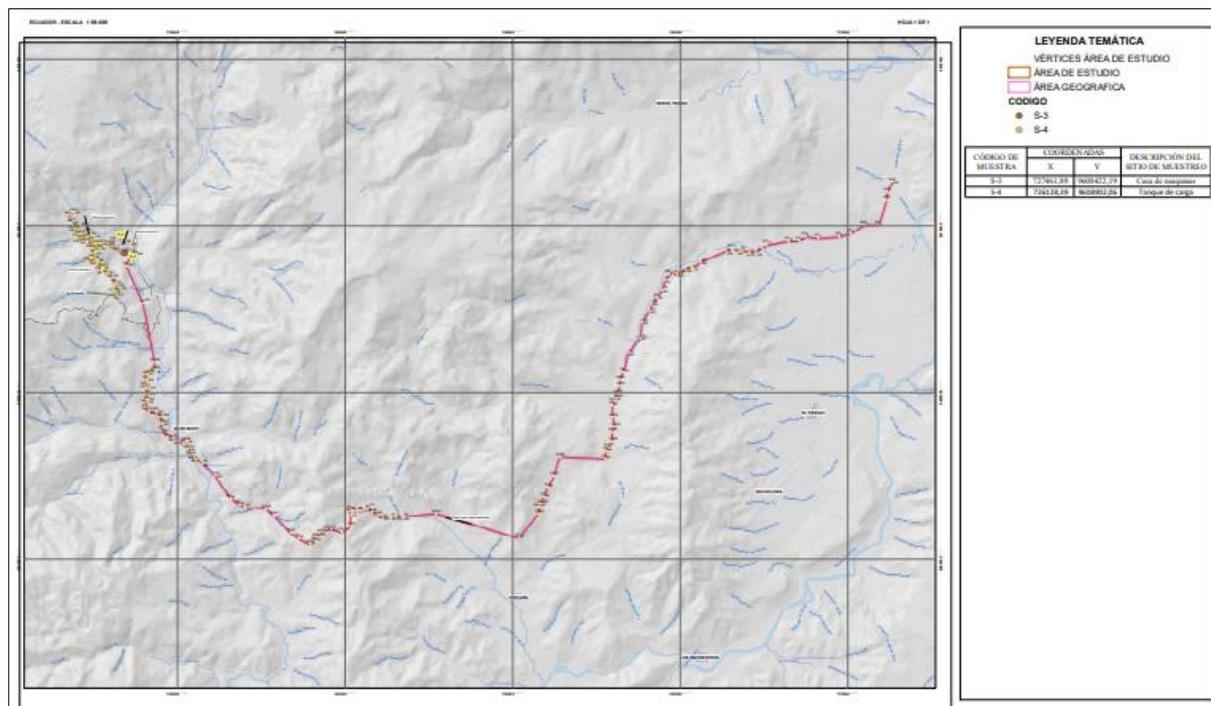


Figura 4.1-9. Mapa de muestreos de suelo

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

La representación cartográfica de los sitios específicos donde se recolectaron las muestras de suelo se encuentra en el ANEXO 10.4. Mapas temáticos – 09\_Mapa de muestreos de suelo.

#### 4.3.3.6.3. Resultados

Tabla 4.1-31. Resultados de muestreo – Suelo S-3

Parámetro	Unidad	Resultado del muestreo	Límite máximo permisible
		S-3	
Conductividad eléctrica	uS/cm	14,5	200
pH	unid pH	7,35	6 a 8
Aceites y grasas	mg/kg	410,98	-
*Índice RAS	-	0,51	4*
*Mercurio	mg/kg	<0,05	0,1
Arsénico	mg/kg	<10	12

Aluminio	mg/kg	<50	-
Bario	mg/kg	<50	200
Boro	mg/kg	<0,5	1
Cadmio	mg/kg	<0,25	0,5
Cobalto	mg/kg	<10	10
Cobre	mg/kg	12,75	25
Cromo Total	mg/kg	<50	54
Estaño	mg/kg	<0,5	5
Molibdeno	mg/kg	<0,5	5
Níquel	mg/kg	<10	19
Plata	mg/kg	<10	-
Plomo	mg/kg	<10	19
Selenio	mg/kg	<0,5	1
Talio	mg/kg	<0,5	-
Vanadio	mg/kg	<50	76
Zinc	mg/kg	<50	60

Fuente: Informe de monitoreo No: SDA-005-24

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

Tabla 4.1-32. Resultados de muestreo – Suelo S-4

Parámetro	Unidad	Resultado del muestreo	Límite máximo permisible
		S-3	
Conductividad eléctrica	uS/cm	32,69	200
pH	unid pH	7,13	6 a 8
Aceites y grasas	mg/kg	643,39	-
*Índice RAS	-	0,55	4*

*Mercurio	mg/kg	<0,05	0,1
Arsénico	mg/kg	<10	12
Aluminio	mg/kg	<50	-
Bario	mg/kg	<50	200
Boro	mg/kg	<0,5	1
Cadmio	mg/kg	<0,25	0,5
Cobalto	mg/kg	<10	10
Cobre	mg/kg	12,65	25
Cromo Total	mg/kg	<50	54
Estaño	mg/kg	<0,5	5
Molibdeno	mg/kg	<0,5	5
Níquel	mg/kg	<10	19
Plata	mg/kg	<10	-
Plomo	mg/kg	<10	19
Selenio	mg/kg	<0,5	1
Talio	mg/kg	<0,5	-
Vanadio	mg/kg	<50	76
Zinc	mg/kg	<50	60

Fuente: Informe de monitoreo No: SDA-006-24

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

Según los resultados de los muestreos realizados el 16 de mayo de 2024 en el área de influencia del proyecto, se determina que, conforme al Acuerdo Ministerial 097A, Anexo 2 del Libro VI del TULSMA, Tabla 1: Criterios de Calidad del Suelo, todas las concentraciones cumplen con los límites permisibles establecidos.

Los resultados de Laboratorio se encuentran disponibles en el ANEXO 10.6. Línea base / 10.6.1. Componente físico / 10.6.1.3. Recurso suelo.

#### 4.3.3.6.4. Metodología para la Línea de Transmisión 230 KV

El análisis de calidad de suelo por donde pasa la línea de transmisión se determinó a través del laboratorio de Ensayo ALS ECUADOR ALSECU S.A. acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE LEN 05-005.

Los resultados obtenidos se compararon en función de los límites máximos permisibles establecidos en el Anexo 2, Tabla 1: Criterios de calidad de suelo, del Acuerdo Ministerial 097-A.

Los sitios de muestreo se establecieron en función de su accesibilidad y seguridad para el equipo muestreador.

#### 4.3.3.6.5. Ubicación

Para caracterizar el nivel de impacto en el medio suelo, se analizó las coordenadas de implantación de la línea de transmisión, contrastando mediante SIG, los usos del suelo actuales, tipos de suelo, topografía y el nivel de impactos identificados en la matriz de Leopold.

Por usos de suelo, la línea de transmisión atraviesa por áreas de pastos, en un sector cruza por bosque natural, topográficamente hasta el kilómetro 5,1 el relieve del terreno es ondulado, continuando hacia el norte hasta la Estación se caracteriza por una topografía escarpada con un tramo de bosque natural y a continuación suelo antropizado.

Con todo lo anterior, hemos implantado 3 puntos de monitoreo del suelo siendo en las siguientes coordenadas:

La siguiente tabla detalla los lugares exactos donde se recolectaron las muestras para llevar a cabo el análisis de calidad de suelo.

Tabla 4.1-33. Ubicación de los puntos de muestreo – Calidad de suelo - Línea de Transmisión

N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	COORDENADAS		FECHA DE MUESTREO (DD/MM/AAAA)	DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO
		X	Y		
1	S3	730878	9596265	29/1/2025	Inicio
2	S2	755439	9595993	28/1/2025	Medio
3	S1	771773	9610009		Final

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

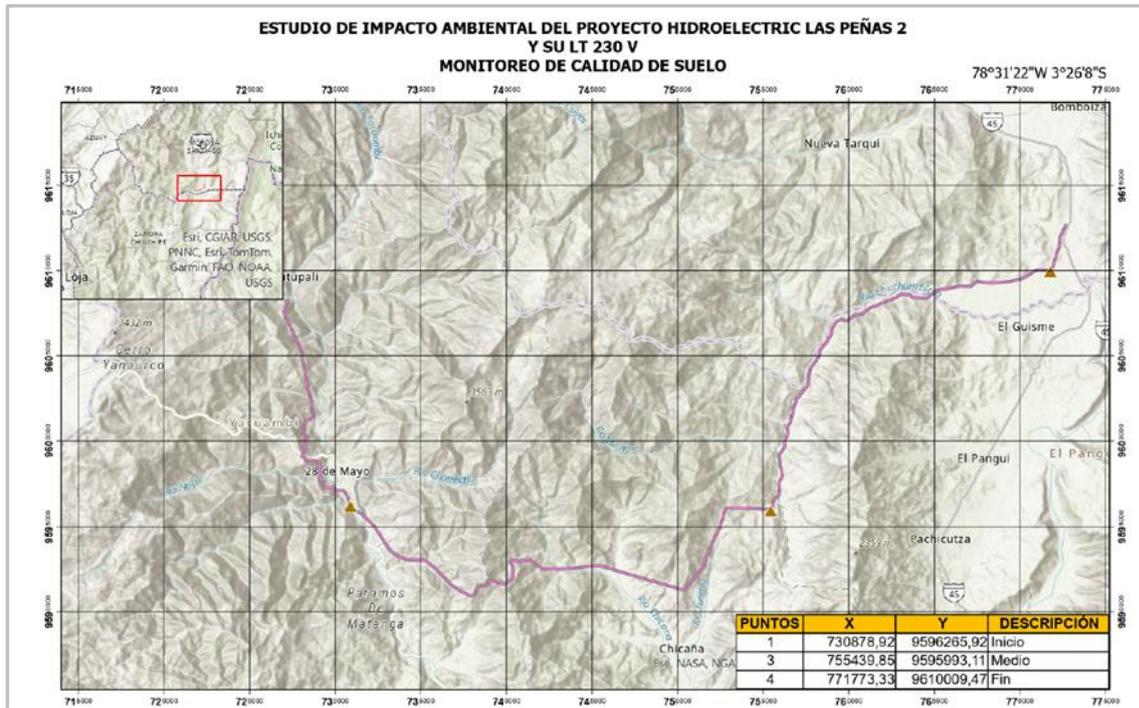


Figura 4.1-10. Mapa de muestreos de suelo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

La representación cartográfica de los sitios específicos donde se recolectaron las muestras de suelo se encuentra en el ANEXO 10.4. Mapas temáticos – 09A Mapa de muestreos de suelo.

#### 4.3.3.6.6. Resultados

Tabla 4.1-34. Resultados de muestreo – Suelo S3

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	8724-1	INCERTIDUMBRE (K=2)	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	<sup>(2)</sup> CRITERIO DE RESULTADOS
				S3			
POTENCIAL HIDRÓGENO	EPA 9045 D, Rev. 04, 2004	PA - 05.00	U pH	4,55	± 0,16 U pH	6 a 8	NO CUMPLE
COBRE	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992 EPA 6010 B, December 1996 Standard Methods Ed. 24, 2023, 3120 B	PA - 118.00	mg/kg	48,84	± 1,85 mg/kg	25	NO CUMPLE
CROMO TOTAL		PA - 118.00	mg/kg	3,71	± 0,02 mg/kg	54	CUMPLE
CROMO HEXAVALENTE	Standard Methods Ed. 24, 2023, 3500-Cr A y 3500-Cr B	PA - 11.00	mg/kg	<0,40	NE	0,4	CUMPLE
MERCURIO	EPA 7471 B, Rev. 02, 2007	PA - 57.00	mg/kg	<0,10	NE	0,1	CUMPLE
NÍQUEL	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992 EPA 6010 B, December 1996 Standard Methods Ed. 24, 2023, 3120 B	PA - 118.00	mg/kg	3,99	± 0,03 mg/kg	19	CUMPLE
PLOMO		PA - 118.00	mg/kg	10,90	± 0,27 mg/kg	19	CUMPLE

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	8724-1 S3	INCERTIDUMBRE (K=2)	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	<sup>(2)</sup> CRITERIO DE RESULTADOS
VANADIO	2023, 3120 B	PA - 118.00	mg/kg	96,14	± 1,17 mg/kg	76	NO CUMPLE
ACEITES Y GRASAS	EPA 9071 B, Rev. 2, 1999 EPA 3540 C, Rev. 3, 1996	PA - 114.00	mg/kg	<400,0	NE	NO APLICA	NO APLICA
PCBS TOTALES(*)	EPA 8270D / EPA 8082A	ALS REPÚBLICA CHECA (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/kg	<0,0180	NE	0,1	CUMPLE
BENCENO	EPA 8260 D, Rev. 04, 2018 / EPA 8000 D, Rev. 5, 2018 / EPA 5021 A, Rev. 2, 2014	PA 115.00	mg/kg	<0,025	NE	0,03	CUMPLE
ETILBENCENO	EPA 8260 D, Rev. 04, 2018 / EPA 8000 D, Rev. 5, 2018 / EPA 5021 A, Rev. 2, 2014	PA 115.00	mg/kg	<0,025	NE	0,1	CUMPLE
TOLUENO	EPA 8260 D, Rev. 04, 2018 / EPA 8000 D, Rev. 5, 2018 / EPA 5021 A, Rev. 2, 2014	PA 115.00	mg/kg	<0,025	NE	0,1	CUMPLE
M-XILENO	EPA 8260 D, Rev. 04, 2018 / EPA 8000 D, Rev. 5, 2018 / EPA 5021 A, Rev. 2, 2014	PA 115.00	mg/kg	<0,025	NE	0,1	CUMPLE
P-XILENO	EPA 8260 D, Rev. 04, 2018 / EPA 8000 D, Rev. 5, 2018 / EPA 5021 A, Rev. 2, 2014	PA 115.00	mg/kg	<0,025	NE	0,1	CUMPLE
O-XILENO	EPA 8260 D, Rev. 04, 2018 / EPA 8000 D, Rev. 5, 2018 / EPA 5021 A, Rev. 2, 2014	PA 115.00	mg/kg	<0,025	NE	0,1	CUMPLE
XILENOS	EPA 8260 D, Rev. 04, 2018 / EPA 8000 D, Rev. 5, 2018 / EPA 5021 A, Rev. 2, 2014	PA 115.00	mg/kg	<0,025	NE	0,1	CUMPLE
HIDROCARBUROS TOTALES DE PETRÓLEO	TNRCC, Method 1005, Rev. 03, Junio 2001	PA - 10.00	mg/kg	<150,0	NE	<150	CUMPLE
NAFTALENO(*)	EPA 8310, 1986	TERCERIZADO O (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
ACENAFLENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
ACENAFTENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
FLUORENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
FENANTRENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
ANTRACENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
FLUORANTENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
PIRENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
BENZO (a) ANTRACENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
CRISENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
BENZO (b) FLUORANTENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
BENZO (k) FLUORANTENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
BENZO (a) PIRENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
INDENO (1,2,3 cd) PIRENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
DIBENZO (a,h) ANTRACENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE

BENZO (g,h,i) PERILENO(*)	EPA 8310, 1986	mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
---------------------------	----------------	-------	-------	----	-----	--------

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

De acuerdo a los resultados de los ensayos, el suelo no presenta niveles de contaminación que excedan los límites fijados por el Acuerdo Ministerial, lo que sugiere que el suelo podría considerarse conforme con respecto a los criterios de calidad mencionados.

Tabla 4.1-35. Resultados de muestreo – Suelo S2

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	7957-4	INCERTIDUMBRE (K=2)	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	<sup>(2)</sup> CRITERIO DE RESULTADOS
				S2			
POTENCIAL HIDRÓGENO	EPA 9045 D, Rev. 04, 2004	PA - 05.00	U pH	4,29	± 0,16 U pH	6 a 8	NO CUMPLE
COBRE	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992 EPA 6010 B, December 1996 Standard Methods Ed. 24, 2023, 3120 B	PA - 118.00	mg/kg	52,05	± 7,17 mg/kg	25	NO CUMPLE
CROMO TOTAL		PA - 118.00	mg/kg	22,99	± 0,01 mg/kg	54	CUMPLE
CROMO HEXAVALENTE	Standard Methods Ed. 24, 2023, 3500-Cr A y 3500-Cr B	PA - 11.00	mg/kg	<0,40	NE	0,4	CUMPLE
MERCURIO	EPA 7471 B, Rev. 02, 2007	PA - 57.00	mg/kg	<0,10	NE	0,1	CUMPLE
NÍQUEL		PA - 118.00	mg/kg	25,05	± 0,3 mg/kg	19	NO CUMPLE
PLOMO	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992 EPA 6010 B, December 1996 Standard Methods Ed. 24, 2023, 3120 B	PA - 118.00	mg/kg	14,58	± 0,27 mg/kg	19	CUMPLE
VANADIO		PA - 118.00	mg/kg	39,92	± 0,004 mg/kg	76	CUMPLE
ACEITES Y GRASAS	EPA 9071 B, Rev. 2, 1999 EPA 3540 C, Rev. 3, 1996	PA - 114.00	mg/kg	<400,0	NE	NO APLICA	NO APLICA
PCBS TOTALES(*)	EPA 8270D / EPA 8082A	ALS REPÚBLICA CHECA (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/kg	<0,0180	NE	0,1	CUMPLE
BENCENO	EPA 8260 D, Rev. 04, 2018 / EPA 8000 D, Rev. 5, 2018 / EPA 5021 A, Rev. 2, 2014	PA 115.00	mg/kg	<0,025	NE	0,03	CUMPLE
ETILBENCENO	EPA 8260 D, Rev. 04, 2018 / EPA 8000 D, Rev. 5, 2018 / EPA 5021 A, Rev. 2, 2014	PA 115.00	mg/kg	<0,025	NE	0,1	CUMPLE
TOLUENO	EPA 8260 D, Rev. 04, 2018 / EPA 8000 D, Rev. 5, 2018 / EPA 5021 A, Rev. 2, 2014	PA 115.00	mg/kg	<0,025	NE	0,1	CUMPLE
M-XILENO	EPA 8260 D, Rev. 04, 2018 / EPA 8000 D, Rev. 5, 2018 / EPA 5021 A, Rev. 2, 2014	PA 115.00	mg/kg	<0,025	NE	0,1	CUMPLE
P-XILENO	EPA 8260 D, Rev. 04, 2018 / EPA 8000 D, Rev. 5, 2018 / EPA 5021 A, Rev. 2, 2014	PA 115.00	mg/kg	<0,025	NE	0,1	CUMPLE
O-XILENO	EPA 8260 D, Rev. 04, 2018 / EPA 8000 D, Rev. 5, 2018 / EPA 5021 A, Rev. 2, 2014	PA 115.00	mg/kg	<0,025	NE	0,1	CUMPLE
XILENOS	EPA 8260 D, Rev. 04, 2018 / EPA 8000 D, Rev. 5, 2018 / EPA 5021 A, Rev. 2, 2014	PA 115.00	mg/kg	<0,025	NE	0,1	CUMPLE
PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	7957-4 S2	INCERTIDUMBRE (K=2)	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	<sup>(2)</sup> CRITERIO DE RESULTADOS

HIDROCARBUROS TOTALES DE PETRÓLEO	TNRCC, Method 1005, Rev. 03, Junio 2001	PA - 10.00	mg/kg	<150,0	NE	<150	CUMPLE
NAFTALENO(*)	EPA 8310, 1986	TERCERIZADO O (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
ACENAFIENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
ACENAFIENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
ACENAFIENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
FLUORENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
FENANTRENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
ANTRACENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
FLUORANTENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
PIRENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
BENZO (a) ANTRACENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
CRISENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
BENZO (b) FLUORANTENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
BENZO (k) FLUORANTENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
BENZO (a) PIRENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
INDENO (1,2,3 cd) PIRENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
DIBENZO (a,h) ANTRACENO(*)	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
BENZO (g,h,i) PERILENO(*)	EPA 8310, 1986	mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE	

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

Con base a los resultados presentados, el suelo en particular en el punto de monitoreo realizado no se cumple en ciertos parámetros con los criterios de calidad del suelo establecidos por el Acuerdo Ministerial N°097-A estos son: los altos niveles de cobre y níquel, así como el pH ácido, estos altos niveles pueden ser consecuencia de la actividad humana, así como factores naturales relacionados con la geología local y la gestión del suelo.

Tabla 4.1-36. Resultados de muestreo – Suelo S1

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	7957-3	INCERTIDUMBRE (K=2)	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	<sup>(2)</sup> CRITERIO DE RESULTADOS
				S1			
POTENCIAL HIDRÓGENO	EPA 9045 D, Rev. 04, 2004	PA - 05.00	U pH	5,05	± 0,16 U pH	6 a 8	NO CUMPLE
COBRE	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992	PA - 118.00	mg/kg	17,28	± 1,75 mg/kg	25	CUMPLE

<b>CROMO TOTAL</b>	EPA 6010 B, December 1996 Standard Methods Ed. 24, 2023, 3120 B	PA - 118.00	mg/kg	13,98	±0,02 mg/kg	54	CUMPLE
<b>CROMO HEXAVALENTE</b>	Standard Methods Ed. 24 2023, 3500-Cr A y 3500-Cr B	PA - 11.00	mg/kg	<0,40	NE	0,4	CUMPLE
<b>MERCURIO</b>	EPA 7471 B, Rev. 02, 2007	PA - 57.00	mg/kg	<0,10	NE	0,1	CUMPLE
<b>NÍQUEL</b>	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992 EPA 6010 B, December 1996 Standard Methods Ed. 24, 2023, 3120 B	PA - 118.00	mg/kg	9,73	±0,03 mg/kg	19	CUMPLE
<b>PLOMO</b>		PA - 118.00	mg/kg	12,69	±0,27 mg/kg	19	CUMPLE
<b>VANADIO</b>		PA - 118.00	mg/kg	54,61	±1,17 mg/kg	76	CUMPLE
<b>ACEITES Y GRASAS</b>	EPA 9071 B, Rev. 2, 1999 EPA 3540 C, Rev. 3, 1996	PA - 114.00	mg/kg	665,11	±138,77 mg/kg	NO APLICA	NO APLICA
<b>PCBS TOTALES(*)</b>	EPA 8270D / EPA 8082A	ALS REPÚBLICA CHECA (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/kg	<0,0180	NE	0,1	CUMPLE
<b>BENCENO</b>	EPA 8260 D, Rev. 04, 2018 / EPA 8000 D, Rev. 5, 2018 / EPA 5021 A, Rev. 2, 2014	PA 115.00	mg/kg	<0,025	NE	0,03	CUMPLE
<b>ETILBENCENO</b>	EPA 8260 D, Rev. 04, 2018 / EPA 8000 D, Rev. 5, 2018 / EPA 5021 A, Rev. 2, 2014	PA 115.00	mg/kg	<0,025	NE	0,1	CUMPLE
<b>TOLUENO</b>	EPA 8260 D, Rev. 04, 2018 / EPA 8000 D, Rev. 5, 2018 / EPA 5021 A, Rev. 2, 2014	PA 115.00	mg/kg	<0,025	NE	0,1	CUMPLE
<b>M-XILENO</b>	EPA 8260 D, Rev. 04, 2018 / EPA 8000 D, Rev. 5, 2018 / EPA 5021 A, Rev. 2, 2014	PA 115.00	mg/kg	<0,025	NE	0,1	CUMPLE
<b>P-XILENO</b>	EPA 8260 D, Rev. 04, 2018 / EPA 8000 D, Rev. 5, 2018 / EPA 5021 A, Rev. 2, 2014	PA 115.00	mg/kg	<0,025	NE	0,1	CUMPLE
<b>O-XILENO</b>	EPA 8260 D, Rev. 04, 2018 / EPA 8000 D, Rev. 5, 2018 / EPA 5021 A, Rev. 2, 2014	PA 115.00	mg/kg	<0,025	NE	0,1	CUMPLE
<b>XILENOS</b>	EPA 8260 D, Rev. 04, 2018 / EPA 8000 D, Rev. 5, 2018 / EPA 5021 A, Rev. 2, 2014	PA 115.00	mg/kg	<0,025	NE	0,1	CUMPLE
<b>PARÁMETROS ANALIZADOS</b>	<b>METODOLOGÍA DE REFERENCIA</b>	<b>MÉTODO INTERNO ALS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>7957-3 S1</b>	<b>INCERTIDUMBRE (K=2)</b>	<b>(1) LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE</b>	<b>(2) CRITERIO DE RESULTADOS</b>
<b>HIDROCARBUROS TOTALES DE PETRÓLEO</b>	TNRCC, Method 1005, Rev. 03, Junio 2001	PA - 10.00	mg/kg	<150,0	NE	<150	CUMPLE
<b>NAFTALENO(*)</b>	EPA 8310, 1986	TERCERIZAD O (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
<b>ACENAFTILENO(*)</b>	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
<b>ACENAFTENO(*)</b>	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
<b>FLUORENO(*)</b>	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
<b>FENANTRENO(*)</b>	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
<b>ANTRACENO(*)</b>	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
<b>FLUORANTENO(*)</b>	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
<b>PIRENO(*)</b>	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
<b>BENZO (a) ANTRACENO(*)</b>	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
<b>CRISENO(*)</b>	EPA 8310, 1986		mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE

BENZO (b) FLUORANTENO(*)	EPA 8310, 1986	mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
BENZO (k) FLUORANTENO(*)	EPA 8310, 1986	mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
BENZO (a) PIRENO(*)	EPA 8310, 1986	mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
INDENO (1,2,3 cd) PIRENO(*)	EPA 8310, 1986	mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
DIBENZO (a,h) ANTRACENO(*)	EPA 8310, 1986	mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE
BENZO (g,h,i) PERILENO(*)	EPA 8310, 1986	mg/kg	<0,04	NE	0,1	CUMPLE

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

Con base a los resultados presentados, el suelo en particular en el punto de monitoreo realizado no se cumple con los criterios de calidad del suelo establecidos por el Acuerdo Ministerial N°097-A de acuerdo al pH ácido, puede ser consecuencia de la actividad humana, así como factores naturales relacionados con la geología local y la gestión del suelo.

Los resultados de Laboratorio se encuentran disponibles en el ANEXO 10.6. Línea base / 10.6.1. Componente físico / 10.6.1.3. Recurso suelo.

#### 4.3.3.7. Uso de suelo

En el Ecuador el sistema de clasificación de cobertura y uso de suelo está construido de forma jerárquica, con un primer nivel que corresponde a las 6 clases definidas por el IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático); el segundo nivel corresponde a 12 clases que fueron acordadas a través de varios talleres por las entidades encargadas de la generación de información de cobertura de la tierra: Ministerio del Ambiente (MAE), Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP), Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE).

Tabla 4.1-37. Leyenda cobertura y uso de suelo

NIVEL I	NIVEL II
<b>Bosque</b>	Bosque Nativo
	Plantación forestal
<b>Vegetación arbustiva y herbácea</b>	Vegetación arbustiva
	Páramo
	Vegetación herbácea

<b>Tierra agropecuaria</b>	Tierra agropecuaria
<b>Cuerpo de agua</b>	Natural
	Artificial
<b>Zona antrópica</b>	Área poblada
	Infraestructura
<b>Otras tierras</b>	Área sin cobertura vegetal
	Glaciar
<b>Sin Información</b>	Corresponden a áreas que no han podido ser mapeadas

Fuente: MAATE, 2023

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

Según la información cartográfica de Cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental editado por el MAATE en 2023, los diversos tipos de cobertura y uso del suelo se encuentran influenciados por los diferentes procesos erosivos ya sean de carácter natural y antrópico, mismos que son acelerados por los cambios climáticos presentes en este sector.

Utilizando el nivel superior (Nivel I) de la clasificación de cobertura y uso del suelo, se puede concluir que la mayor parte del área de estudio, con un 84,85%, está destinada a tierras agropecuarias.

Tabla 4.1-38. Cobertura y uso de suelo del área de estudio.

<b>NIVEL I</b>	<b>ÁREA (HA)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
<b>Bosque</b>	98,41	14,40
<b>Cuerpo de agua</b>	4,19	0,61
<b>Zona antrópica</b>	0,92	0,13
<b>Tierra agropecuaria</b>	579,67	84,85
<b>TOTAL</b>	651,88	100

Fuente: MAG, 2020

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

- **Tierra agropecuaria**

Comprenden áreas con cultivos anuales, semipermanentes y permanentes, así como vegetación ocupada por especies herbáceas introducidas para uso pecuario. Estas áreas requieren labores de cultivo y manejo realizadas por el hombre para su establecimiento y conservación. También incluyen agrupaciones de cultivos mixtos de pequeña extensión, principalmente para autoconsumo o consumo nacional, excluyendo la exportación, así como tierras agrícolas en descanso.

- **Bosque**

Ecosistema arbóreo, primario o secundario, regenerado por sucesión natural; se caracteriza por la presencia de árboles de diferentes especies nativas, edades y portes variados, con uno o más estratos. Masa arbórea establecida antrópicamente con una o más especies forestales.

- **Cuerpos de agua**

Áreas que se encuentran cubiertas o saturadas de agua estática o en movimiento, natural o artificial que reposan sobre la superficie terrestre por todo o una parte del año.

- **Tierra arbustiva y herbácea**

Incluye áreas con especies leñosas nativas no arbóreas, a menudo en transición hacia una cobertura más densa.

- **Zona antrópica**

Asentamientos humanos e infraestructuras que lo complementa.

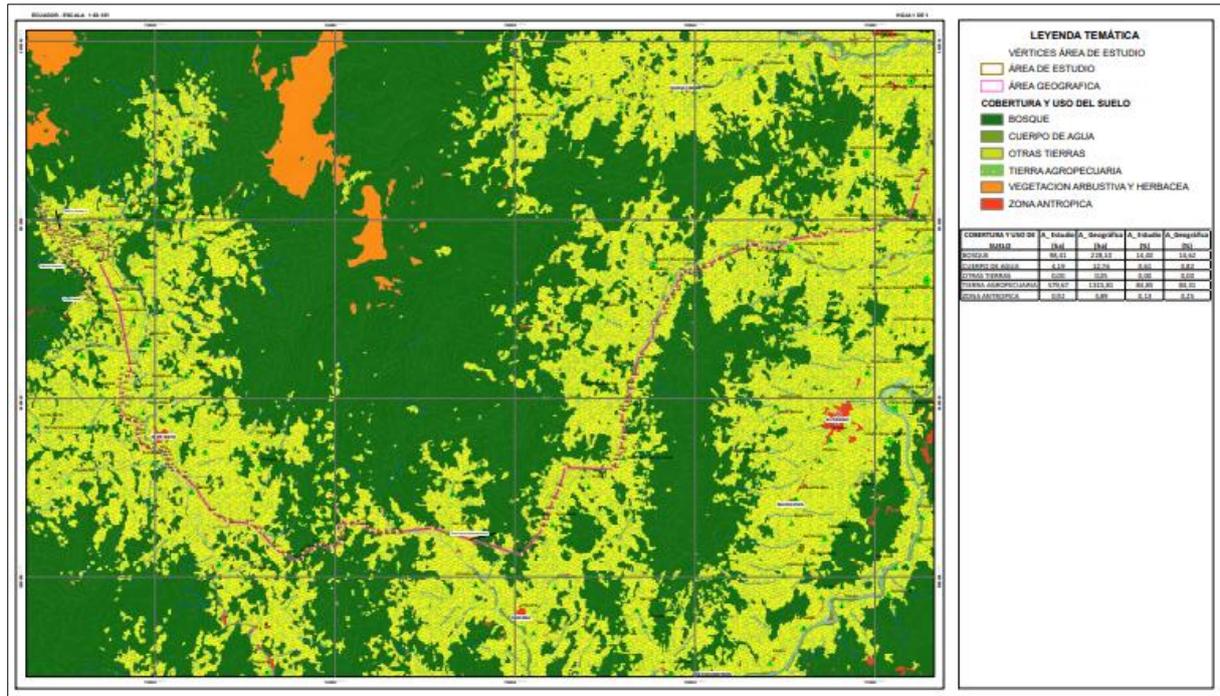


Figura 4.1-11. Mapa cobertura y uso de suelo del proyecto

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

Ver ANEXO 10.4. Mapas temáticos – 12\_Mapa de cobertura y uso de suelo.

#### 4.3.3.8. Conclusiones

A continuación, se presentan las principales conclusiones de las temáticas analizadas en el recurso suelo (Geología, Geomorfología, Sismicidad, Hidrogeología, Edafología, calidad de aire y uso de suelo).

El área de estudio del PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS PEÑAS 2 Y SU LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 KV se encuentra ubicado al sur la región oriental, en las provincias de Morona Santiago y Zamora Chinchipe. Al Este de la cordillera real. Entre los Andes y la llanura amazónica, se levanta la Tercera Cordillera o zona subandina, los relieves más evidentes, como del Napo al Norte y cordillera Kutukú al Sur, están separados por una depresión, situada entre los valles del alto Napo y del alto Pastaza, hacia el Sur, la cordillera del Cóndor prolonga la misma unidad en territorio peruano.

En la zona de la Cordillera Real de los Andes, dominan rocas metamórficas del Paleozoico.

Según el mapa de fallas y pliegues cuaternarios, localmente las fallas que podrían causar influencia en el área de estudio están ubicadas al SO del área de estudio, las cuales son la falla Catamayo y la falla de Las Pitas con fallamiento inverso. Al Sur con la falla sección norte y sur con movimiento inverso, al SE la falla de Nangaritza con movimiento inverso – transcurrente. Al Norte se encuentra la falla Gualaceo

la cual presenta un movimiento inverso. Al NO la falla sección noreste y suroeste con movimiento normal y dextral. Y hacia el este, existen fallas S/N ubicadas en territorio del Perú.

Localmente el área de estudio está constituida por varias formaciones geológicas entre las que se distinguen notablemente son: Serie Zamora, Rocas metamórficas, Bartolito de Zamora, Formación Hollín, Formación Napo, Formación Misahuallí y Depósitos cuaternarios.

El área de estudio muestra una transición de las zonas de Vertientes externas de la Cordillera Real, que cubre la mayor parte del área de estudio, a la Zona Subandina, y el Medio aluvial amazónico (representa un bajo porcentaje del área de estudio del proyecto).

El área de estudio presenta varias geoformas, pertenecientes a diferentes grupos genéticos, siendo el tipo Laderas las que cubren la mayor parte del área de estudio, principalmente la geoforma “Vertiente heterogénea”, que cubre un 30,54% del área de estudio.

Según Yepes et al. (2016) y Beauval et al. (2018), en Ecuador las fuentes sísmicas se dividen en: fuentes de la interfaz, fuentes corticales y fuentes del slab o de profundidad intermedia. La sismicidad en las fuentes de la interfaz, como las del Golfo de Guayaquil y Talara, que son paralelas al área de estudio, tuvo una actividad sísmica baja en promedio. En las fuentes corticales, el área de estudio pertenece a las fuentes BGS y Cutucú, presentando sismos con magnitudes promedio de 2,46 y 2,52 respectivamente. En las fuentes de profundidad o del slab, la sismicidad en el área de estudio de las fuentes Loja y Morona también fue baja en promedio, aunque se registraron sismos con magnitudes mayores a 5 MLv.

Las formaciones con interés hidrogeológico están asociadas a depósitos primarios (intergranular), secundarios (Fisuración o karstificación) e impermeables.

Según la información cartográfica proporcionada por el MAATE disponible en su geoportal (<http://ide.ambiente.gob.ec:8080/mapainteractivo/>) y la clasificación obtenida en los estudio de ESPOL-TECH E.P., CIPAT – ESPOL y Ex - SENAGUA en 2014, se determinó que la mayor parte del área de estudio es prácticamente impermeable.

El 82,63 % de los suelos del área de estudio son del orden Inceptisol con suborden Udepts, presentan un incipiente desarrollo de horizontes desarrollados sobre suelos con propiedades físicas y químicas muy variables, como por ejemplo: suelos desde mal drenados a bien drenados, texturas de arenosas a arcillosas, pH de ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos, con saturación de bases mayor o menor a 60%, etc.

En el análisis físico - químicos se evidenció que todas las concentraciones cumplen con los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental legal y aplicable.

#### 4.3.4. Recurso aire

##### 4.3.4.1. Análisis calidad de aire

El análisis de calidad del aire ofrece una visión detallada de la composición atmosférica en una determinada área, permitiendo identificar la presencia de contaminantes y evaluar su concentración (Valdivia, 2016).

La presente evaluación de calidad de aire tiene la finalidad de determinar las condiciones de calidad actuales, comparando los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio con los límites máximos establecidos en la legislación ambiental ecuatoriana vigente

Además, desempeña un papel crucial en la evaluación de los posibles efectos que el proyecto en cualquiera de sus fases pudiese generar sobre el entorno ambiental y, en última instancia, en la calidad de vida de la población circundante.

##### 4.3.4.1.1. Metodología

El análisis de calidad de aire se determinó a través del laboratorio LABCESTTA TECNOLOGIA Y CALIDAD acreditado ante Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), con registro No. SAE LEN 18-034.

La metodología de medición utilizada se basó en lo estipulado por el Procedimiento Técnico Interno del Laboratorio y lo establecido en la tabla 2: Métodos de medición de concentraciones de contaminantes criterio del aire de anexo 4 del Acuerdo Ministerial 097-A.

El sitio de muestreo se estableció en función de su accesibilidad y seguridad para el equipo muestreador.

##### 4.3.4.1.2. Ubicación

La siguiente tabla detalla los lugares exactos donde se recolectaron las muestras para llevar a cabo el análisis de la calidad de aire.

Tabla 4.1-39. Ubicación de los puntos de muestreo – Calidad de aire

N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	COORDENADAS		FECHA DE MUESTREO (DD/MM/AAAA)	DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO
		X	Y		
1	CA-3	727407,96	9608414,77	16/5/2024	Casa de maquinas

Fuente: Informe de monitoreo No: GDA-003-24; No: GDA-003a-24

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

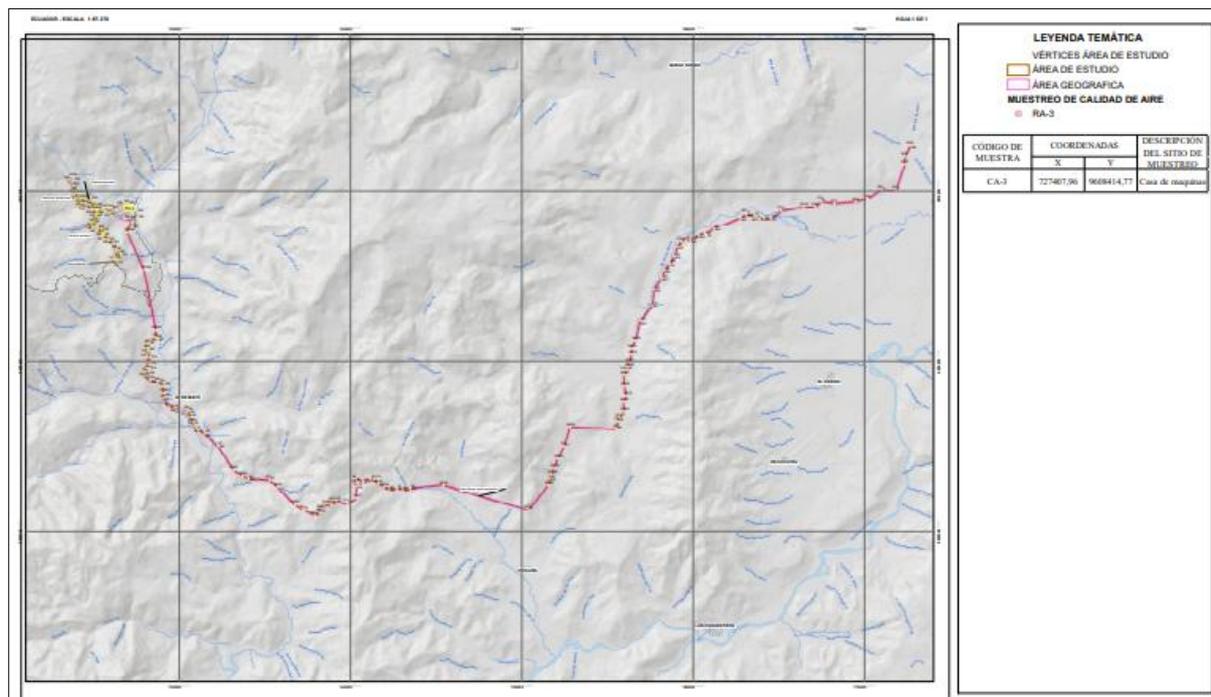


Figura 4.1-12. Mapa de muestreos de calidad de aire

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

La representación cartográfica de los sitios específicos donde se recolectaron las mediciones para el análisis de calidad de aire se encuentra en el ANEXO 10.4. Mapas temáticos – 15\_Mapa de muestreos de calidad de aire.

#### 4.3.4.1.3. Resultados

Tabla 4.1-40. Resultados de muestreo - Calidad del aire.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO DE MUESTREO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Material Particulado (PM10)	ug/m3	17,83	100
Material Particulado (PM2,5)	ug/m3	9,97	50

Monóxido de Carbono (CO)	ug/m3	110,00	10000
Ozono (O3)	ug/m3	<20	100
Dióxido de Azufre (SO2)	ug/m3	<11	125
Dióxido de Nitrógeno (NO2)	ug/m3	<5	200
Partículas Sedimentables	mg/cm2	0,38	1

Fuente: Informe de monitoreo No: GDA-003-24; No: GDA-003a-24

Elaborado por: Equipo consultor, 2024.

Los resultados de Laboratorio se encuentran disponibles en el ANEXO 10.6. Línea base / 10.6.1. Componente físico / 10.6.1.4. Recurso aire

Con base en los resultados de las mediciones realizadas el 16 de mayo de 2024 en el área de influencia del proyecto, se concluye que, de acuerdo con el Acuerdo Ministerial 097A, Anexo 4 del Libro VI del TULSMA, literal 4.1.2 "Normas generales para concentraciones de contaminantes criterio en el aire ambiente," las concentraciones de los parámetros analizados están por debajo de los límites máximos permitidos para los contaminantes criterio del aire.

#### **4.3.4.1.4. Metodología para la Línea de Transmisión 230Kv**

El análisis de calidad de aire se determinó a través del Laboratorio de Ensayo ALS ECUADOR ALSECU S.A. acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE LEN 05-005.

El ensayo Calidad de Aire se tercerizó al Laboratorio ABGES CÍA. LTDA./ ACREDITACIÓN N° SAE LEN 16-013.

La metodología de medición utilizada se basó en lo estipulado por el Procedimiento Técnico Interno del Laboratorio y lo establecido en la tabla 2: Métodos de medición de concentraciones de contaminantes criterio del aire de anexo 4 del Acuerdo Ministerial 097-A.

El sitio de muestreo se estableció en función de su accesibilidad y seguridad para el equipo muestreador.

#### 4.3.4.1.5. Ubicación

Para el monitoreo de gases, se definieron dos puntos estratégicos de análisis. El primer punto se ubicó en el centro poblado de Yacuambi, considerando la homogeneidad de las condiciones ambientales a lo largo de este tramo. El segundo punto de monitoreo se situó en el centro Shuar, con el objetivo de evaluar posibles emisiones actuales y durante las actividades de construcción.

Las actividades previstas en la fase de construcción de la línea de transmisión no requieren el uso continuo de maquinaria, ya que esta se emplea de manera temporal. Aunque la normativa ecuatoriana no exige el monitoreo obligatorio de emisiones en estas condiciones, según el Anexo 4 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), es fundamental contar con un registro actualizado de la calidad del aire como línea base. Este registro permitirá identificar posibles afectaciones a la salud humana y al medio ambiente.

Entre los contaminantes potencialmente emitidos durante las actividades de construcción, se encuentran el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NOx) y el material particulado (PM10 y PM2.5). El monitoreo periódico de estos gases garantizará que las emisiones no superen los límites permisibles establecidos y proporcionará información clave para aplicar medidas preventivas y correctivas, en cumplimiento con el Art. 88 del Código Orgánico del Ambiente (COA).

Tabla 4.1-41. Ubicación de los puntos de muestreo – Calidad de aire

N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	COORDENADAS		FECHA DE MUESTREO (DD/MM/AAAA)	DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO
		X	Y		
1	CA1	730053	9597205	29/1/2025	Centro Poblado Yacuambi
2	CA2	771733	9609960	28/1/2025	Centro Poblado Shuar

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

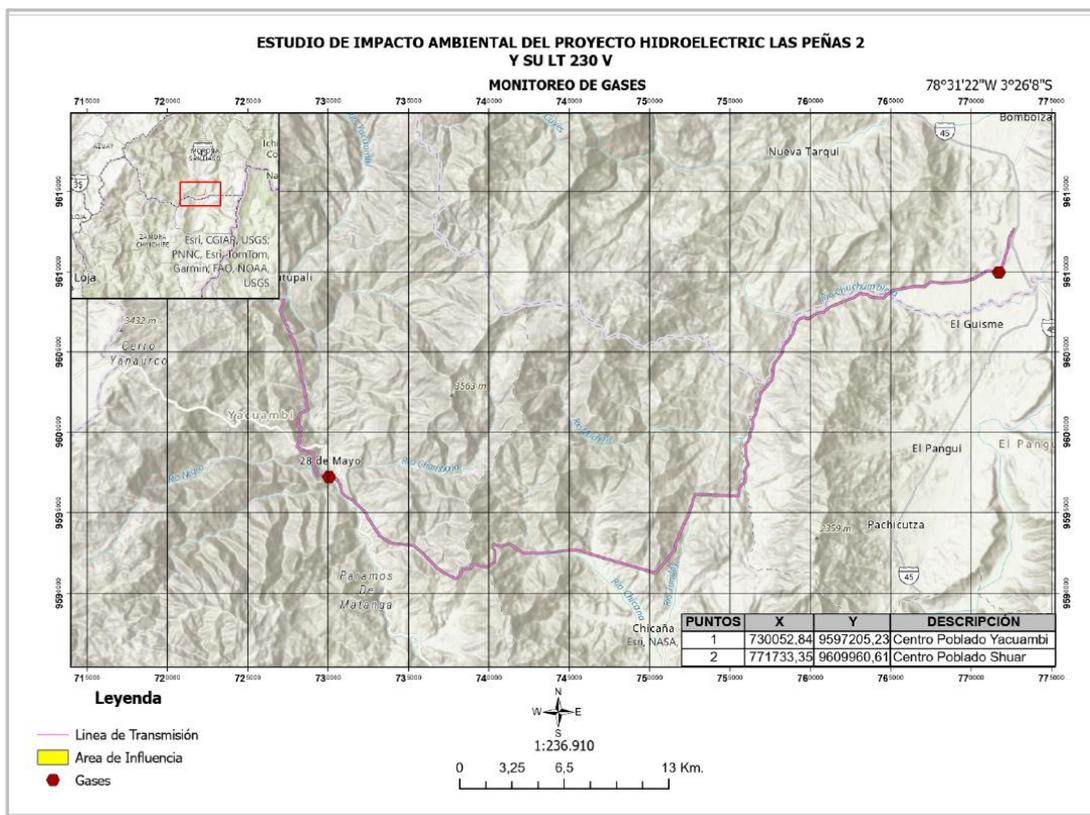


Figura 4.1-13. Mapa de muestreos de calidad de aire

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

La representación cartográfica de los sitios específicos donde se recolectaron las mediciones para el análisis de calidad de aire se encuentra en el ANEXO 10.4. Mapas temáticos – 15A Mapa de muestreos de calidad de aire-Línea de Transmisión.

#### 4.3.4.1.6. Resultados

Tabla 4.1-42. Resultados de muestreo - Calidad del aire CA1

CONCENTRACIÓN NO CORREGIDA				
PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	8728
				CA1
MONÓXIDO DE CARBONO (Promedio a 8 horas) (*)	RFCA-0981-054		ppm	<4
MONÓXIDO DE CARBONO (Máx. concentración a 1 hora) (*)	RFCA-0981-054		ppm	<4
MONÓXIDO DE NITRÓGENO (Promedio a 1 hora) (*)	RFNA-1289-074		ppb	<20
DIÓXIDO DE NITRÓGENO (Máx. concentración a 1 hora) (*)	RFNA-1289-074		ppb	<56
OZONO (Máx. concentración a 8 horas) (*)	EQQA-0880-047		ppb	<14

DIÓXIDO DE AZUFRE (Promedio a 24 horas) (*)	EQSA-0486-060			
MATERIAL PARTICULADO PM 10 (Promedio a 24 horas) (*)	PE.15 US-EPA: CFR, PART 50 SUBCAPÍTULO C. APÉNDICE J (MP10)	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	ppb	<20
MATERIAL PARTICULADO PM 2.5 (Promedio a 24 horas) (*)	PE.15 US-EPA: CFR, PART 50 SUBCAPÍTULO C. APÉNDICE L (MP2,5)		ug/m3	17,59
PARTÍCULAS SEDIMENTABLES	ASTM Designation: D1739 - 98 (Reapproved 2010) Standard Test Method for Collection And Measurement of Dustfall (Settleable Particulate Matter) 1		POE - 20.00	mg/cm2 x 30 días
<b>COMPARACIÓN CON NORMATIVA O LEGISLACIÓN</b>				
PARÁMETROS ANALIZADOS	(1) CONCENTRACIÓN CORREGIDA (ug/m3)	INCERTIDUMBRE (K=2)	(2) LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (ug/m3)	(3) CRITERIO DE RESULTADOS
MONÓXIDO DE CARBONO (Promedio a 8 horas)	1660,08	± 169,33 ug/m3	10000	CUMPLE
MONÓXIDO DE CARBONO (Máx. concentración a 1 hora)	1992,10	± 203,19 ug/m3	30000	CUMPLE
MONÓXIDO DE NITRÓGENO (Promedio a 1 hora)	11,65	± 0,20 ug/m3	NO APLICA	NO APLICA
DIÓXIDO DE NITRÓGENO (Máx. concentración a 1 hora)	10,91	± 2,64 ug/m3	200	CUMPLE
OZONO (Máx. concentración a 8 horas)	15,70	± 1,63 ug/m3	100	CUMPLE
DIÓXIDO DE AZUFRE (Promedio a 24 horas)	31,42	± 1,32 ug/m3	125	CUMPLE
MATERIAL PARTICULADO PM 10 (Promedio a 24 horas)	17,53	± 1,47 ug/m3	100	CUMPLE
MATERIAL PARTICULADO PM 2.5 (Promedio a 24 horas)	15,09	± 1,23 ug/m3	50	CUMPLE
PARTÍCULAS SEDIMENTABLES	1,41	± 0,06 mg/cm2 x 30 días	1 mg/cm2 x 30 días	NO CUMPLE

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025.

Todos los parámetros evaluados, excepto las partículas sedimentables, cumplen con los límites establecidos por la normativa. El incumplimiento en las partículas sedimentables podría deberse a:

Actividades de Construcción: Las obras en curso generan polvo y residuos que pueden ser levantados por el viento, contribuyendo a un aumento en las partículas sedimentables.

Condiciones Climáticas: La humedad y el viento pueden afectar la dispersión de las partículas en el aire.

Falta de Control de Emisiones: Si las actividades de construcción no se manejan adecuadamente (por ejemplo, sin la suficiente mitigación del polvo), esto puede resultar en mayores concentraciones de sedimentos. EPA (2022). "National Ambient Air Quality Standards". U.S. Environmental Protection Agency.

Tabla 4.1-43. Resultados de muestreo - Calidad del aire CA2

CONCENTRACIÓN NO CORREGIDA				
PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	7945
				CA2
MONÓXIDO DE CARBONO (Promedio a 8 horas) (*)	RFCA-0981-054	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	ppm	<4
MONÓXIDO DE CARBONO (Máx. concentración a 1 hora) (*)	RFCA-0981-054		ppm	<4
MONÓXIDO DE NITRÓGENO (Promedio a 1 hora) (*)	RFNA-1289-074		ppb	<20
DIÓXIDO DE NITRÓGENO (Máx. concentración a 1 hora) (*)	RFNA-1289-074			<56
OZONO (Máx. concentración a 8 horas) (*)	EQOA-0880-047		ppb	<14
DIÓXIDO DE AZUFRE (Promedio a 24 horas) (*)	EQSA-0486-060			<20
MATERIAL PARTICULADO PM 10 (Promedio a 24 horas) (*)	PE.15 US-EPA: CFR, PART 50 - SUBCAPÍTULO C. APÉNDICE J (MP10)		ug/m3	16,89
MATERIAL PARTICULADO PM 2.5 (Promedio a 24 horas) (*)	PE.15 US-EPA: CFR, PART 50 - SUBCAPÍTULO C. APÉNDICE L (MP2,5)		ug/m3	12,30
PARTÍCULAS SEDIMENTABLES	ASTM Designation: D1739 - 98 (Reapproved 2010) Standard Test Method for Collection And Measurement of Dustfall (Settleable Particulate Matter) 1	POE - 20.00	mg/cm2 x 30 días	0,33
COMPARACIÓN CON NORMATIVA O LEGISLACIÓN				
PARÁMETROS ANALIZADOS	<sup>(1)</sup> CONCENTRACIÓN CORREGIDA (ug/m3)	INCERTIDUMBRE (K=2)	<sup>(2)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (ug/m3)	<sup>(3)</sup> CRITERIO DE RESULTADOS
MONÓXIDO DE CARBONO (Promedio a 8 horas)	1740,22	± 177,50 ug/m3	10000	CUMPLE
MONÓXIDO DE CARBONO (Máx. concentración a 1 hora)	2118,04	± 216,04 ug/m3	30000	CUMPLE
MONÓXIDO DE NITRÓGENO (Promedio a 1 hora)	11,28	± 0,19 ug/m3	NO APLICA	NO APLICA
DIÓXIDO DE NITRÓGENO (Máx. concentración a 1 hora)	9,40	± 2,28 ug/m3	200	CUMPLE
OZONO (Máx. concentración a 8 horas)	11,77	± 1,22 ug/m3	100	CUMPLE
DIÓXIDO DE AZUFRE (Promedio a 24 horas)	26,19	± 1,10 ug/m3	125	CUMPLE
MATERIAL PARTICULADO PM 10 (Promedio a 24 horas)	16,88	± 1,42 ug/m3	100	CUMPLE
MATERIAL PARTICULADO PM 2.5 (Promedio a 24 horas)	12,29	± 1,01 ug/m3	50	CUMPLE
PARTÍCULAS SEDIMENTABLES	0,334	± 0,03 mg/cm2 x 30 días	1 mg/cm2 x 30 días	CUMPLE

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025.

Los resultados analizados del informe muestran que todas las contaminaciones registradas cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial N°097-A. Esto indica que la calidad del aire en el área de estudio está dentro de los estándares aceptables, lo cual es positivo para la salud pública y el ambiente.

Los resultados de Laboratorio se encuentran disponibles en el ANEXO 10.6. Línea base / 10.6.1. Componente físico / 10.6.1.4. Recurso aire.

#### **4.3.5. Recurso agua**

##### **4.3.5.1. Hidrología**

La comprensión de la hidrología es fundamental para entender cómo se comportan los principales sistemas de drenaje en el entorno físico del sector, tanto en términos espaciales como temporales, y cómo esto se relaciona con los impactos que pueden surgir durante la construcción y operación de la infraestructura de transmisión eléctrica.

##### **4.3.5.1.1. Identificación de unidades hidrográficas**

###### **4.3.5.1.1.1. Metodología**

Para llevar a cabo la descripción de la hidrología del área de estudio, se comenzó utilizando sistemas de información geográfica e información cartográfica básica y temática disponible por el MAATE en su geoportal (<http://ide.ambiente.gob.ec:8080/mapainteractivo/>), a fin de identificar las unidades hidrográficas presentes en la zona.

También se utilizó la metodología de Pfafstetter, la misma empleada por la ex SENAGUA para clasificar la hidrografía de Ecuador.

El método de Pfafstetter asigna identificadores o códigos a las unidades de drenaje basados en la topología de la superficie o área del terreno; en otras palabras, asigna códigos a una cuenca para relacionarla con sus vecinas, tanto locales como internas (UICN, 2008).

Según UICN (2008) las características principales de esta metodología son:

- El sistema es jerárquico y las unidades son delimitadas desde las uniones de los ríos (punto de confluencia de ríos) o desde el punto de desembocadura de un sistema de drenaje en el océano.
- A cada unidad hidrográfica se le asigna un código numérico, basado en su ubicación dentro del sistema de drenaje, de tal forma que éste código es único en todo el continente.
- La distinción entre río principal y tributario, es en función del área de drenaje, es decir esta metodología no toma en consideración los criterios hidrológicos tradicionales de caudal o longitud de ríos.

- El código de la unidad hidrográfica provee información importante tales como el tipo de unidad de drenaje, nivel de codificación y ubicación al interior de la unidad que lo contiene.

La metodología de Pfafstetter propone el uso del término unidad hidrográfica para cualquiera de los tres tipos de unidades que considera:

- Cuenca, es un área que no recibe drenaje de ninguna otra área, pero si contribuye con flujo a otra unidad de drenaje a través del curso del río, considerado como principal, al cual confluye.
- Intercuenca, es un área que recibe drenaje de otra unidad aguas arriba, exclusivamente, del curso del río considerado como el principal, y permite el paso de este hacia la unidad de drenaje contigua hacia aguas abajo. En otras palabras, una intercuenca, es una unidad de drenaje de tránsito del río principal.
- Cuenca Interna, es un área de drenaje que no recibe flujo de agua de otra unidad ni contribuye con flujo de agua a otra unidad de drenaje o cuerpo de agua.

La distinción entre río principal y tributario, es en función del criterio del área drenada. Así, en cualquier confluencia, el río principal será siempre aquel que posee la mayor área drenada entre ambos. Denominándose cuencas, a las áreas drenadas por los tributarios e intercuenca a las áreas restantes drenadas por el río principal.

El Ecuador hidrográficamente, se divide en dos vertientes: Pacífico, y Amazónica.

#### **4.3.5.1.1.2. Resultados**

El área de estudio según la metodología expuesta se encuentra en la cuenca del Río Santiago, la misma que posee el código 4998.

La cuenca se localiza en la región suroriental de la República de Ecuador, entre los paralelos 2° 00' y 4° 42' S y los meridianos 79° 22' y 77° 48' W. Limita al norte con las cuencas de los ríos Pastaza y Guayas, al noreste con la cuenca del río Morona, al sur con la cuenca del Mayo, al suroeste con la cuenca del río Chira, al oeste con las cuencas de los ríos Cañar, Balao, Gala, Jubones y al este con el límite internacional de Perú.

El río Santiago se origina en Cajanuma, al oeste de la provincia de Loja y fluye de sur a norte. Se divide en diferentes secciones, incluyen la quebrada Curitroje y el río Malacatos, después de unirse con el afluente río Zamora Huaycu, en el margen izquierdo. Una vez que el río converge en el margen izquierdo con el afluente río San Lucas, va cambiando la dirección para dirigirse hacia el sureste y desembocar en la provincia de Zamora Chinchipe. Luego, al unirse por el margen derecho con los ríos Sabanilla y Jambué, fluye a Zamora con dirección noreste, se une con el río Yacuambi por el margen derecho en

Punguinza, se junta con el río Nangaritza por el margen derecho en Los Encuentros, con el río Bomboiza en el margen izquierdo y con su más grande tributario, el río Namangoza en La Unión, donde toma el nombre de río Santiago, el cual fluye de oeste a este, hasta que se une en Soldado Monge con el afluente río Yaupi, para entrar en Perú. Es aquí donde el río Santiago cambia la dirección de norte a sur (CISPDR, 2016).

El área total de la cuenca del río Santiago es 25069 km<sup>2</sup> (ACUERDO No. 2017 – 0023) la longitud del río Santiago está sobre los 306km. El volumen de los recursos hídricos de la cuenca del río Santiago es 48 461 hm<sup>3</sup>, y el volumen per cápita de ocupación de los recursos hídricos es 44 924 m<sup>3</sup>. Es una zona con abundantes recursos hídricos. La precipitación media anual de la cuenca del río Santiago es 2167mm, la profundidad escorrentía es de 400-3000 mm, y la lámina de escorrentía promedio es 1933mm (CISPDR, 2016).

De acuerdo con la delimitación realizada por la ex SENAGUA utilizando el método Pfafstetter, la cuenca del río Santiago se encuentra dividida en nueve unidades hidrográficas. El área de estudio se encuentra dentro de la Unidad Hidrográfica del río Yacuambi (49988), así como en las Unidades Hidrográficas media alta (49987) y media baja del Zamora (49985).

En la tabla a continuación se presentan las Unidades Hidrográficas, según la clasificación de Pfafstetter, para el área de estudio.

Tabla 4.1-44. Unidades hidrográficas

UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO					
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6
Región Hidrográfica Cuenca Amazonas (4)	Unidad Hidrográfica (49)	Unidad hidrográfica (499)	Unidad Hidrográfica (4998)	Unidad Hidrográfica (49988)	Unidad Hidrográfica (499889) (499887) (499886) (499885)
				(49987)	(499872)
				(49985)	(499852) (499851)

Fuente: ACUERDO No. 2017 – 0023  
Elaborado por: Equipo consultor, 2024

Ver ANEXO 10.4. Mapas temáticos – 13\_Mapa hidrográfico.

El área de implantación de la Central Hidroeléctrica se encuentra ubicado en la provincia de Zamora Chinchipe, la cuenca de drenaje del río Chincate pertenece al sistema hidrográfico del río Yacuchingari (499889) que pertenece y es afluente importante del río Yacuambi, está localizada en las estribaciones de la cordillera suroriental del Ecuador y se extiende desde la cota 3.700 msnm al sitio de captación en la cota 1.765 msnm (HIDROLASPEÑAS S.A.S., 2023).

#### **4.3.5.1.1.2.1. Características de los suelos y cobertura vegetal**

Los suelos de la cuenca de del río Yacuchingari (499889) corresponden suelos incipientes jóvenes, ligeramente desarrollados, aparecen suelos con uno o más horizontes con procesos de meteorización extrema, además poseen propiedades físicas y químicas muy variables, por ejemplo, con texturas arenosas arcillosas, pH ligeramente ácido a ligeramente alcalino, estas propiedades han sido aprovechadas en el sector agrícola del país, siendo los más representativos del país. Además, esta zona se caracteriza por suelos con elevado contenido de materiales orgánicos (turba) en diferentes estados de alteración (SIGTIERRAS s.f., como se cita en HIDROLASPEÑAS S.A.S., 2023).

La cobertura vegetal de la cuenca está conformada por: vegetación herbácea y Bosques (HIDROLASPEÑAS S.A.S., 2023).

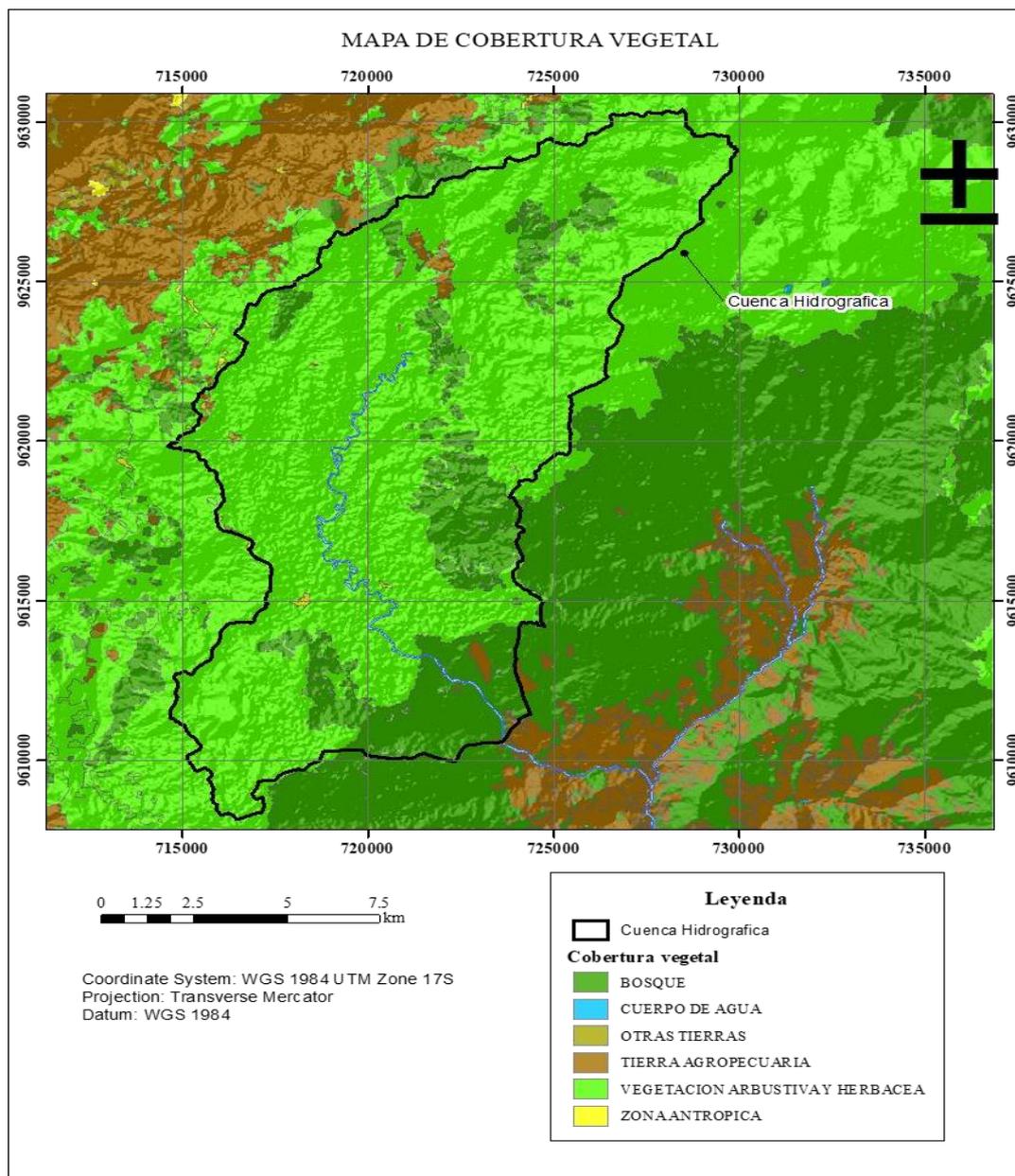


Figura 4.1-14. Mapa uso de suelo de la cuenca de del río Yacuchingari (499889)

Fuente: HIDROLASPEÑAS S.A.S., 2023

#### 4.3.5.1.1.2.2. Parámetros físicos y morfométricos de la cuenca

Con la finalidad de contar con información indispensable para el estudio se obtuvieron los siguientes parámetros:

**Área de la cuenca.** El área de drenaje de la cuenca hasta el sitio de captación es de 179,05 Km<sup>2</sup>.

**Longitud del cauce principal** hasta el sitio de captación es de 38,40 Km.

**Cota máxima** 3.700 msnm.

**Cota mínima** hasta el sitio de captación 1.765 msnm.

**Ancho medio de la cuenca** que se obtiene dividiendo el área de la cuenca para la longitud del río = 4,66 Km.

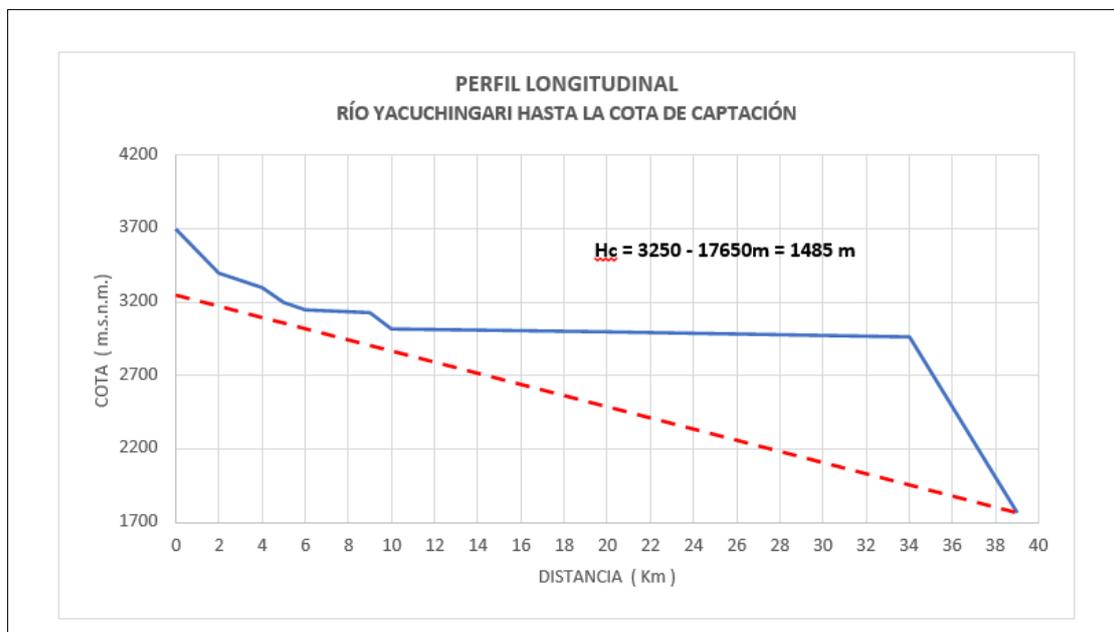


Gráfico 4.1-13. Perfil longitudinal de río Yacuchingari

Fuente: HIDROLASPEÑAS S.A.S., 2023

El **desnivel específico Hc** es de 1.485 m.

Coefficiente de forma determinado con la siguiente fórmula:

P = Perímetro de la cuenca

A = Área de la cuenca

$$K_c = \frac{0,28 * P}{\sqrt{A}}$$

$$K_c = \frac{0,28 * 76,62}{\sqrt{179,05}} = 1,60$$

Forma de factor:

$$R = \frac{a}{L}$$

a = ancho medio

L = Longitud del cauce

$$R = \frac{4,66}{38,40} = 0,12$$

Tiempo de concentración se calcula con la siguiente fórmula:

$$T_c = \left(0,87 * \frac{L^3}{H_c}\right)^{0,385} = \left(0,87 * \frac{38,40^3}{1485}\right)^{0,385} = 3,85 \text{ horas}$$

#### 4.3.5.1.1.2.3. Determinación de precipitación media

Para la determinación de la precipitación media de la cuenca se utilizaron los métodos: Polígono de Thiessen e Isoyetas. Resultados se muestran en las siguientes tablas y figuras.

Tabla 4.1-45. Precipitación media polígono de Thiessen

MÉTODO DE THIESSEN					
VALUE	CÓDIGO	ESTACIÓN	PREC_P	ÁREA KM2	PP*ÁREA
2	M420	Nabón	722,70	123,20	85014,82
4	M421	Oña	490,60	55,85	26161,57
TOTAL				179,05	111176,39
PP (mm)					650,30

Fuente: HIDROLASPEÑAS S.A.S., 2023

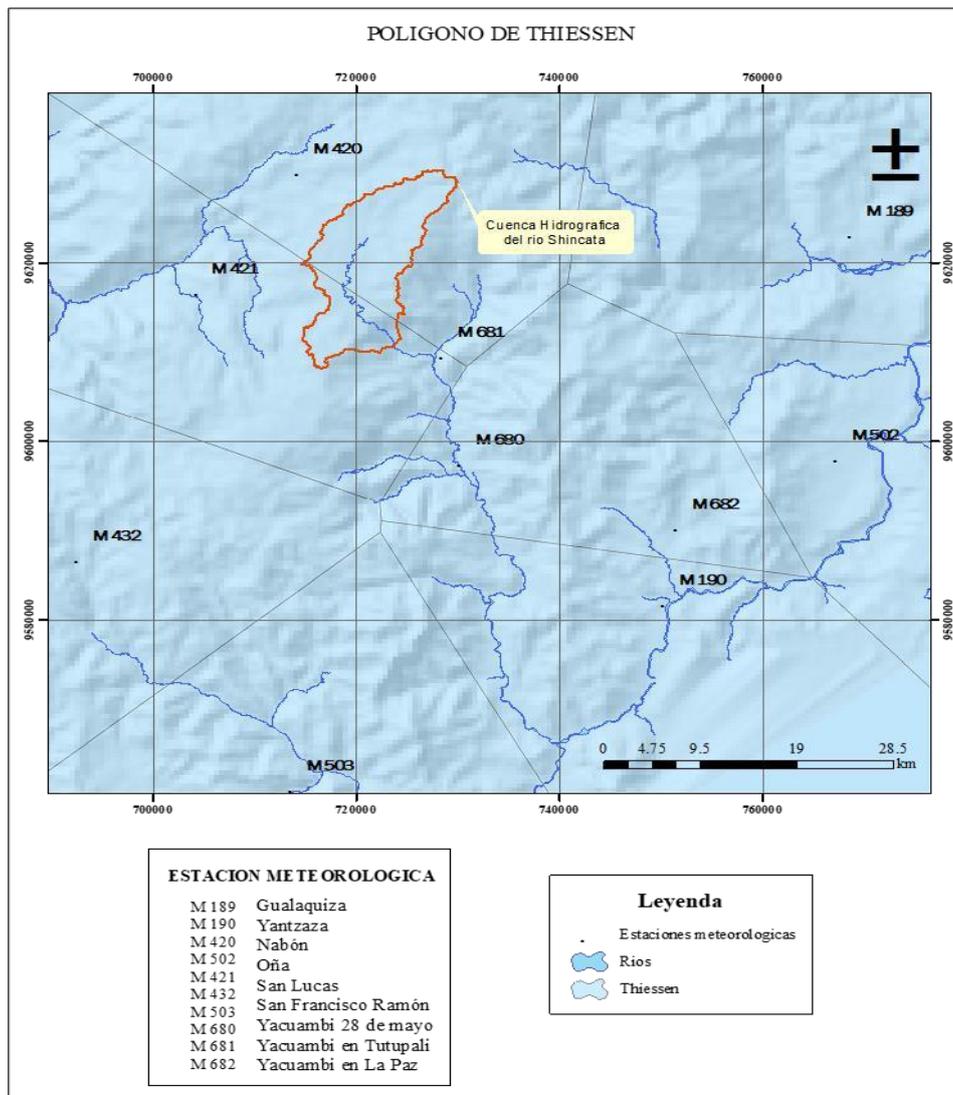


Figura 4.1-15. Precipitación Media método Polígono de Thiessen

Fuente: HIDROLASPEÑAS S.A.S., 2023

Tabla 4.1-46. Precipitación media método de Isoyetas

MÉTODO DE ISOYETAS					
VALUE	MIN	MAX	PRECIPITACIÓN N	ÁREA KM <sup>2</sup>	PP*ÁREA
6	1081,53	1562,65	1322,09	86,80	109569,37
7	1562,66	1998,90	1770,92	92,25	155991,38
<b>TOTAL</b>				179,05	265560,74
PP (mm)					1593,34

Fuente: HIDROLASPEÑAS S.A.S., 2023.

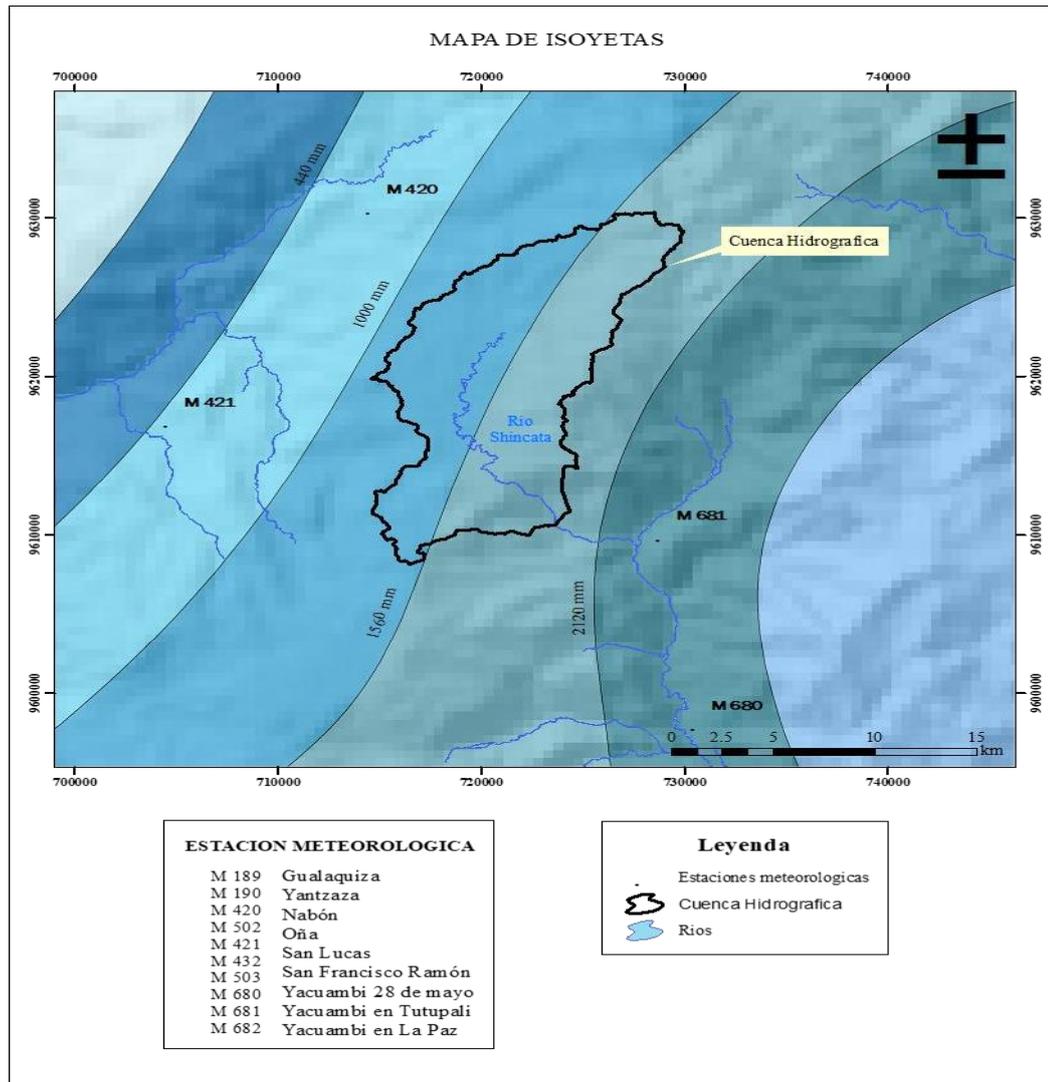


Figura 4.1-16. Precipitación media método de Isoyetas

Fuente: HIDROLASPEÑAS S.A.S., 2023

La precipitación media multianual con el Método de Thiessen es de 650,30 mm y con el Método de las Isoyetas 1.593,34 mm.

### Variación estacional de la precipitación

En el siguiente gráfico se presenta la variación estacional multianual de la estación Yacuambi en Tutupali que nos dará una referencia para la ejecución del proyecto.

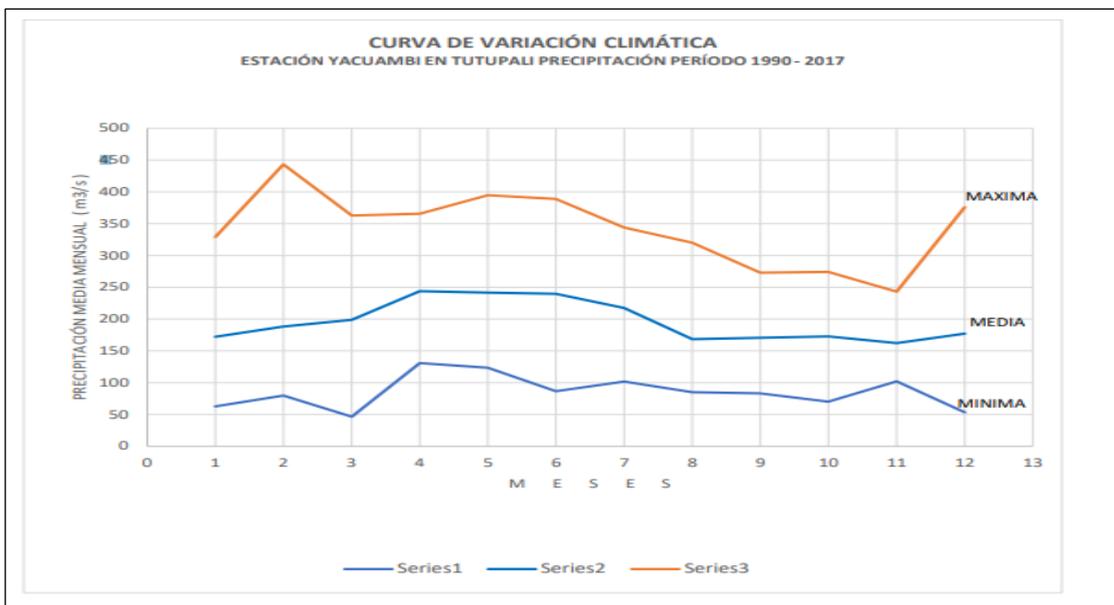


Gráfico 4.1-14. Variación estacional de la precipitación

Fuente: HIDROLASPEÑAS S.A.S., 2023

#### 4.3.5.1.2. Determinación de caudales

##### 4.3.5.1.2.1. Caudales medios

Los caudales medios del río Yacuchingari se obtuvieron con los registros de la estación hidrológica Yacuambi en La Paz perteneciente al INAMHI con información para el período 1990 – 2017.

#### Determinación de caudales para el sitio de captación

Con la finalidad de extender la serie de caudales hasta el sitio de captación del río Yacuchingari, se efectuó una correlación de precipitaciones registradas en la estación meteorológica Yacuambi en Tutupali con los caudales registrados en la estación Yacuambi en La Paz. Los resultados se presentan en el siguiente cuadro y gráfico.

Tabla 4.1-47. Correlación Precipitación Caudal

ESTACIONES	COEFICIENTE CORR. R	ECUACIÓN
Yacuambi en la Paz Yacuambi en Tutupali	0,75	$Y = 0,6985 X + 29,185$

Fuente: HIDROLASPEÑAS S.A.S., 2023

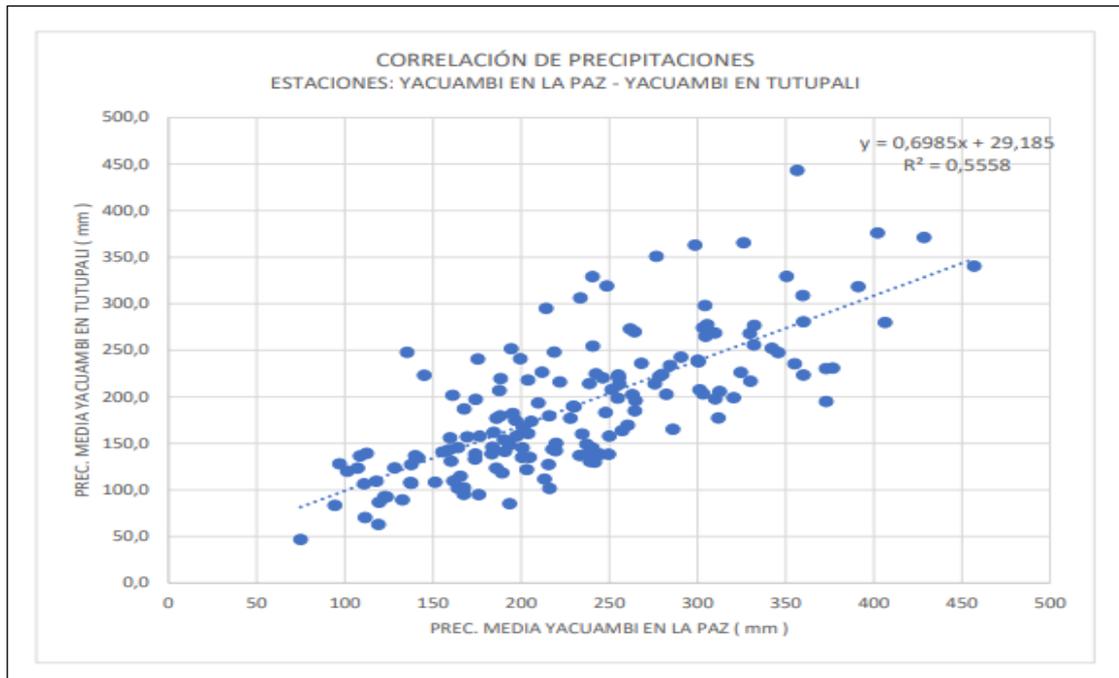


Gráfico 4.1-15. Correlación Precipitación Caudal Yacuambi en La Paz - Yacuambi en Tutupali

Fuente: HIDROLASPEÑAS S.A.S., 2023

El coeficiente de correlación al cuadrado ( $R^2$ ) es de 0,5558, si sacamos la raíz cuadrada tenemos que R es 0,75 el cual se considera aceptable para generar caudales de la estación hidrológica Yacuambi en La Paz para los años 1990 - 2017. Los caudales hasta el sitio de captación se obtuvieron con la siguiente relación.

$$Q_c = \frac{Q_b * P_c * A_c}{P_b * A_b}$$

Donde:

$Q_c$  = Caudal sitio de captación

$Q_b$  = Caudal en estación río Yacuambi en La Paz

$P_c$  = Precipitación media hasta el sitio de captación = 1.593,34 mm  $A_c$  = Área hasta el sitio de captación = 179,05 Km<sup>2</sup>

$P_b$  = Precipitación media hasta la estación Yacuambi en La Paz = 2.200,00 mm

$A_b$  = Área hasta el sitio de la estación rio Yacuambi en La Paz = 960,00 Km<sup>2</sup>

$$Q_c = Q_b * 0,14$$

#### 4.3.5.1.2.2. Curva de duración general

La curva de duración general de caudales es una herramienta muy utilizada en Hidrología puesto que provee de información sobre los porcentajes del tiempo que el caudal es igualado o excedido a un valor específico y nos proporciona información valiosa para el diseño del proyecto. Con los caudales medios mensuales en el sitio de captación (período 1990 – 2017) se obtuvo la mencionada curva, misma que se observa en la siguiente tabla y figura.

Tabla 4.1-48. Caudales medios en el sitio de captación

RANGO	FRECUENCIA		PORC	X	Y	Qmedm3/s
2-4,99	8	8	4,08	100	5	12,65
5-7,99	38	30	15,31	96	8	12,65
8-9,99	80	42	21,43	81	10	12,65
10-12,99	119	39	19,90	59	13	12,65
13-14,99	133	14	7,14	39	15	12,65
15-17,99	159	26	13,27	32	18	12,65
18-19,99	167	8	4,08	19	20	12,65
20-22,99	180	13	6,63	15	23	12,65
23-24,99	182	2	1,02	8	25	12,65
25-26,99	190	8	4,08	7	27	12,65
27-29,99	192	2	1,02	3	30	12,65
30-37	196	4	2,04	2	35	12,65

Fuente: HIDROLASPEÑAS S.A.S., 2023

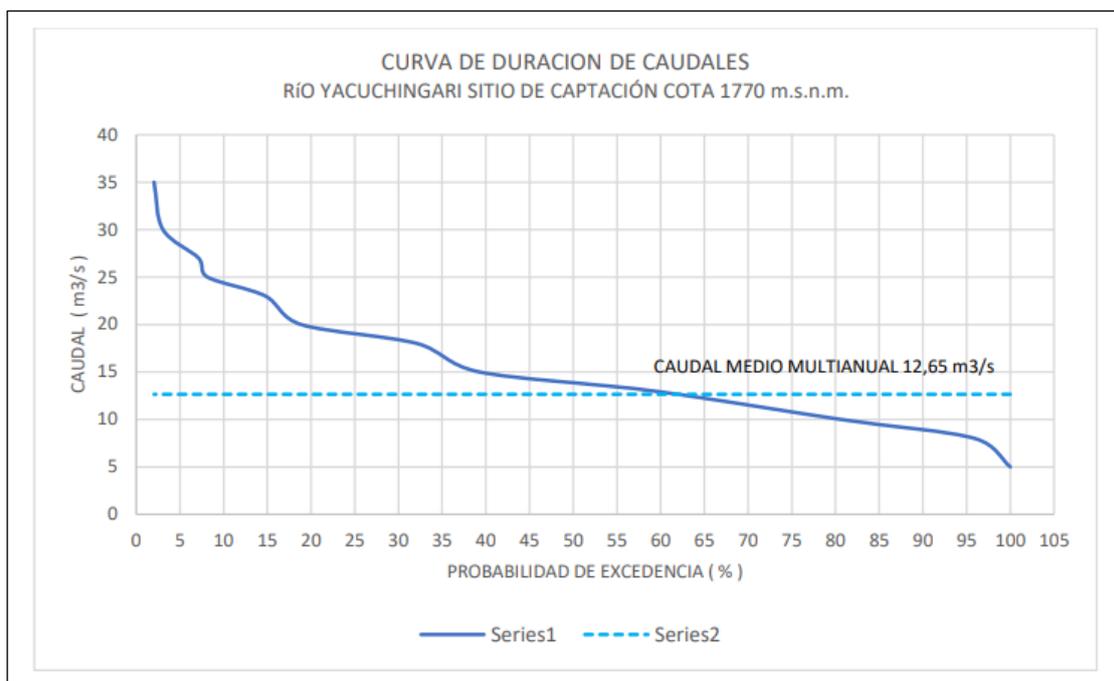


Gráfico 4.1-16. Curva de Duración General, sitio de captación

Fuente: HIDROLASPEÑAS S.A.S., 2023

De la curva de duración general se determinaron los siguientes caudales característicos:

Tabla 4.1-49. Caudales característicos, sitio de captación

PROBABILIDAD	CAUDAL m <sup>3</sup> /s
95%	8,00
90%	8,50
80%	10,00
70%	12,00
60%	13,00
55%	13,50
50%	14,00

Fuente: HIDROLASPEÑAS S.A.S., 2023

#### 4.3.5.1.2.3. Curva de variación estacional

La curva de variación estacional proporciona información sobre la distribución de los caudales respecto al tiempo y se puede definir los períodos secos y lluviosos. Con los valores mensuales del sitio de

captación (período 1990 – 2017) se trazó la mencionada curva, la información se muestra en la siguiente tabla y gráfico.

Tabla 4.1-50. Caudales Característicos de Variación Estacional, Sitio de Captación

CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL RÍO YACUCHINGARI SITIO DE CAPTACIÓN PERÍODO 1990 - 2017												
%	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
5	20,6	23,8	18,1	22,8	20,9	31,2	24,7	15,5	14,3	12,2	10,5	12,3
10	15,9	17,5	17,9	21,3	18,7	28,6	23,5	13,7	12,1	10,9	10,0	11,3
25	14,0	14,3	12,9	18,4	17,2	21,1	22,1	11,0	9,1	10,1	8,9	9,5
50	8,4	10,8	8,6	13,3	15,6	13,4	11,8	8,6	8,6	8,5	7,9	8,5
75	6,8	8,1	7,5	9,5	13,5	11,9	8,4	6,8	7,6	7,5	7,9	8,5
90	6,1	6,4	6,6	8,0	10,2	9,0	7,7	5,9	6,5	6,9	6,5	5,5
95	4,6	4,1	5,2	6,8	9,1	8,4	7,0	4,9	4,7	5,2	5,0	5,1

Fuente: HIDROLASPEÑAS S.A.S., 2023

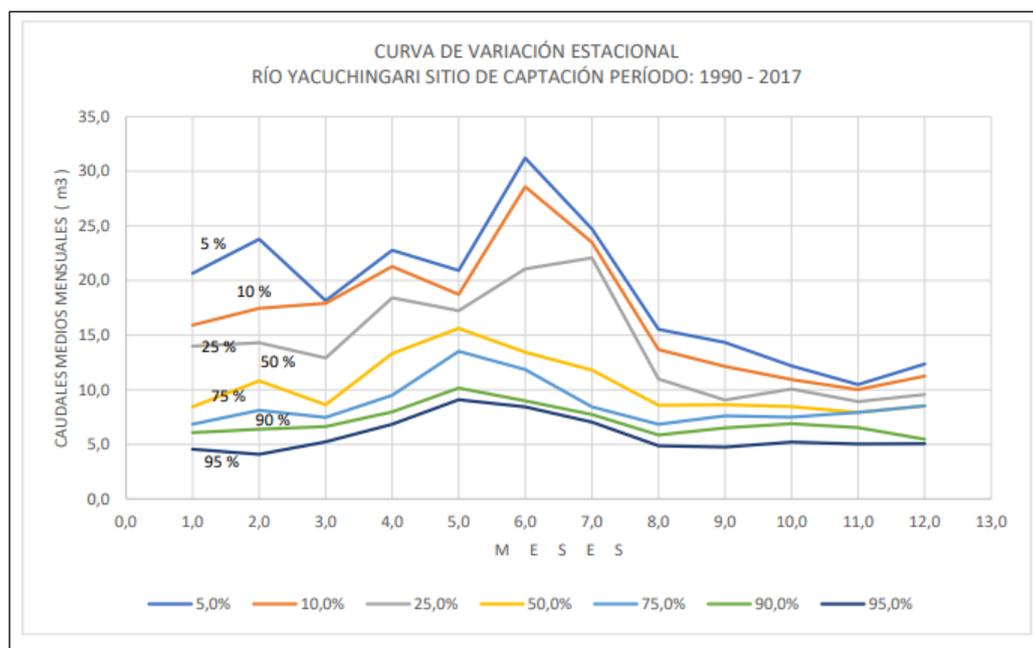


Gráfico 4.1-17. Curva de Variación estacional

Fuente: HIDROLASPEÑAS S.A.S., 2023

Período seco meses de agosto a enero. Período lluvioso de febrero a julio.

#### 4.3.5.1.2.4. Caudales máximos

Para determinar los caudales máximos para varios períodos de retorno se utilizó el modelo estadístico FLOOD desarrollado por la Universidad de Chiguagua, autor doctor José Bernal. En este modelo existen varias funciones de distribución entre ellas: Normal, Log Normal, Gama, Gumbel y Pearson III.

La que mejor se ajustó a los valores máximos obtenidos para el río Yacuchingari en el sitio de captación fue la función de Gumbel. Los resultados se presentan en la siguiente tabla.

El caudal máximo para un periodo de retorno de 100 años es de 219,90 m<sup>3</sup>/s.

Tabla 4.1-51. Caudales Máximos para Períodos de Retorno, sitio de Captación

CONFIDENCE LIMITS FOR EXTREME VALUE TYPE 1 DISTRIBUTION				
METHOD: MOMENTS				
STATION: RIO SHINCATA				
RETURN PERIOD	NON-EXCEEDANCE PROBABILITY	LOWER LIMIT	EVENT MAGNITUDE	UPPER LIMIT
2	.5	79.73587	96.66443	113.593
5	.8	97.51739	129.6501	161.7827
10	.9	106.5986	151.4894	196.3802
20	.95	114.7864	172.4383	230.0901
50	.98	125.0588	199.5544	274.0499
100	.99	132.6327	219.874	307.1153
500	.998	149.9348	266.8293	383.7238
1000	.9989999	157.3239	287.0161	416.7082
5000	.9997999	174.4083	333.8602	493.3121
10000	.9999	181.7445	354.0256	526.3066

Fuente: HIDROLASPEÑAS S.A.S., 2023

#### 4.3.5.2. Análisis calidad de agua

La calidad del agua se refiere a las condiciones necesarias para que el agua mantenga un equilibrio en su ecosistema y cumpla con ciertos estándares de calidad. Estos estándares se basan en las características físicas, químicas, biológicas y ecológicas del agua. (Ramírez, 2011).

Por lo tanto, la presente evaluación de calidad de agua tiene la finalidad de determinar las condiciones de calidad actuales, comparando los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio con los límites máximos establecidos en la legislación ambiental ecuatoriana vigente

#### 4.3.5.2.1. Metodología

El análisis de calidad de agua se determinó a través del laboratorio LABCESTTA TECNOLOGIA Y CALIDAD acreditado ante Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), con registro No. SAE LEN 18-034.

Los muestreos físicos, químicos y microbiológicos se realizaron considerando los criterios y parámetros señalados en la Tabla 2 Criterio de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre, Anexo 1 Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, del Acuerdo Ministerial No. 097-A.

La evaluación de la calidad del agua superficial en el área del proyecto se llevó a cabo mediante la recolección de muestras puntuales en los cuerpos de agua más representativos.

#### 4.3.5.2.2. Ubicación

La siguiente tabla detalla los lugares exactos donde se recolectaron las muestras para llevar a cabo el análisis de la calidad de agua.

Tabla 4.1-52. Ubicación de los puntos de muestreo - Agua

N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	COORDENADAS		FECHA DE MUESTREO (DD/MM/AAAA)	DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO
		X	Y		
1	A-3	723660	9610693	16/5/2024	Aguas arriba de la captación
2	A-4	727538,87	9608287,65		Aguas abajo de la descarga

Fuente: Informe de monitoreo No: ADA-005-24; No: ADA-006-24

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

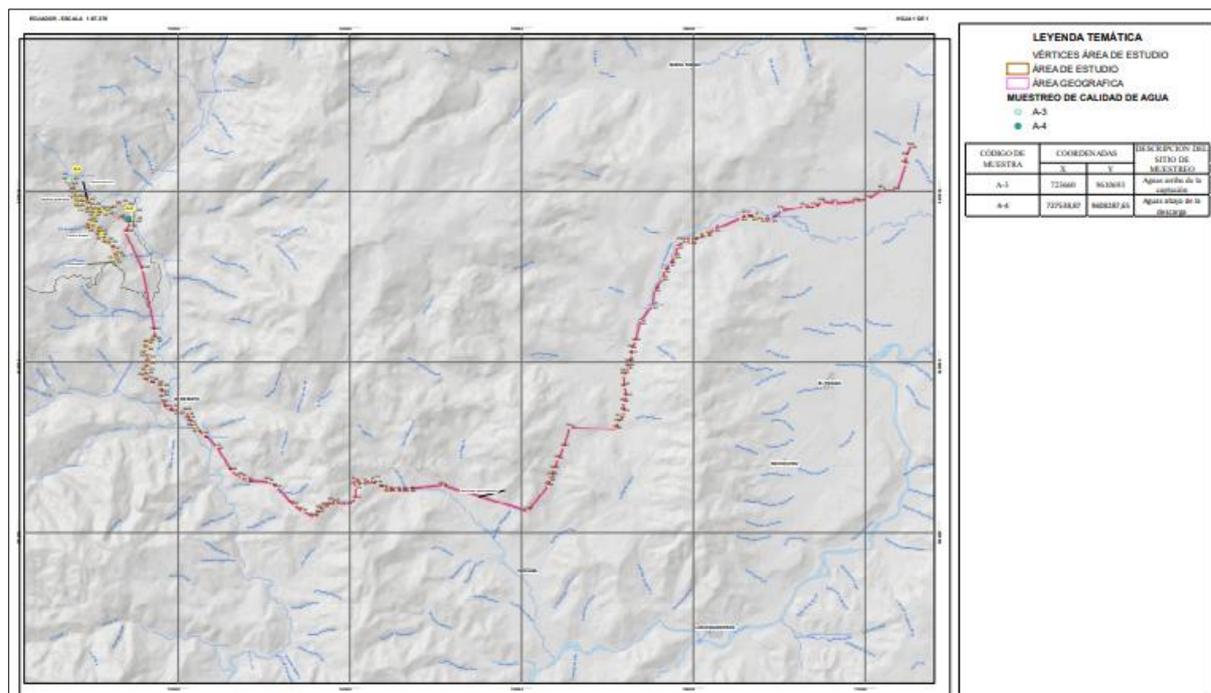


Figura 4.1-17. Mapa muestreo de calidad de agua

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

La representación cartográfica de los sitios específicos donde se recolectaron las muestras de agua se encuentra en el ANEXO 10.4. Mapas temáticos –14\_Mapa de muestreo de calidad de agua.

#### 4.3.5.2.3. Resultados

Tabla 4.1-53. Resultados de muestreo – Agua A-3

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO DE MUESTREO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
		A-3	
pH	unidades de pH	7,45	6,5 – 9
Temperatura	°C	21,5	-
Oxígeno disuelto (% de saturación)	mg/l	90	>80
Nitritos	mg/l	0,06	0,2
Nitratos	mg/l	4,53	13

Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/l	12,36	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	70	Max incremento del 10% de la condición natural
Fosforo Total	mg/l	3,20	-
Fosfatos	mg/l	9,79	-
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	60	-
Aluminio	mg/l	<0,05	0,1
Mercurio	mg/l	<0,001	0,0002
Hierro	mg/l	<0,07	0,3
Sulfuros	mg/l	0,03	-
Manganeso	mg/l	<0,006	0,1
Plomo	mg/l	<0,005	0,001
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	<1.8	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/l	<27	20
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	10	40
Níquel	mg/l	<0,01	0,025
Zinc	mg/l	<0,05	0,03
Conductividad Eléctrica	Us/cm	120	-
Turbidez	UNT	1,12	-

Fuente: Informe de monitoreo No: ADA-005-24

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

Tabla 4.1-54. Resultados de muestreo – Agua A-4

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO DE MUESTREO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
		A-4	
pH	unidades de pH	7,58	6,5 – 9
Temperatura	°C	21,7	-
Oxígeno disuelto (% de saturación)	mg/l	88	>80
Nitritos	mg/l	0,07	0,2
Nitratos	mg/l	4,99	13
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/l	12,75	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	80	Max incremento del 10% de la condición natural
Fosforo Total	mg/l	4,56	-
Fosfatos	mg/l	13,95	-
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	85	-
Aluminio	mg/l	<0,05	0,1
Mercurio	mg/l	<0,001	0,0002
Hierro	mg/l	<0,07	0,3
Sulfuros	mg/l	0,03	-
Manganeso	mg/l	<0,006	0,1
Plomo	mg/l	<0,005	0,001
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	<1.8	-

Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/l	28	20
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	14	40
Níquel	mg/l	<0,01	0,025
Zinc	mg/l	<0,05	0,03
Conductividad Eléctrica	Us/cm	158	-
Turbidez	UNT	2,01	-

Fuente: Informe de monitoreo No: ADA-006-24

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

Los resultados de Laboratorio se encuentran disponibles en el ANEXO 10.6. Línea base / 10.6.1. Componente físico / 10.6.1.5. Recurso agua.

De acuerdo a los resultados obtenidos durante los análisis efectuados, se tiene todas las concentraciones cumplen con lo señalado en el Acuerdo Ministerial 097A, Anexo 1 del Libro VI del TULSMA, Tabla 2: Criterios de Calidad Admisibles para la Preservación de la vida Acuática y Silvestre en Aguas Dulces Marinas y de Estuarios, a excepción de los parámetros que se detallan a continuación:

- Mercurio: A-3 y A-4
- Plomo : A-3 y A-4
- DBO5: A-3 y A-4
- Níquel. A-3 y A-4
- Zn: A-3 y A-4

Según Manahan (2007), metales como el zinc, mercurio, níquel y plomo son los contaminantes elementales más comunes en aguas naturales. En pequeñas cantidades, estos metales son esenciales para la vida, pero en concentraciones elevadas pueden ser perjudiciales. El incumplimiento de los límites máximos permisibles de estos metales indica la presencia de actividades humanas, como actividades agropecuarias.

#### **4.3.5.2.4. Metodología para la Línea de Transmisión 230KV**

El análisis de calidad de agua se determinó con el laboratorio de Ensayo ALS ECUADOR ALSECU S.A. acreditado ante Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), con registro No. SAE LEN 05-005.

Los muestreos físicos, químicos y microbiológicos se realizaron considerando los criterios y parámetros señalados en la Tabla 2 Criterio de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre, Anexo 1 Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, del Acuerdo Ministerial No. 097-A.

La evaluación de la calidad del agua superficial en el área del proyecto se llevó a cabo mediante la recolección de muestras puntuales en los cuerpos de agua más representativos.

#### **4.3.5.2.5. Ubicación**

Para el monitoreo de la calidad del agua, se analizó las cuatro principales microcuencas que atraviesa la línea de transmisión, desde el oeste, el Río Santa Cleotilde, aguas abajo el Río Yacuambi, hacia el este de la línea de transmisión en el río Chuchumbleta y río Zamora este último punto debido a que todas las microcuencas atravesadas por la línea de transmisión desembocan en este río. Además, su proximidad a la subestación justifica la realización de un monitoreo en dicho cuerpo de agua. Es importante destacar que el tramo aguas arriba del río Zamora presenta un alto grado de contaminación por descargas de aguas grises y negras. A través del monitoreo inicial, esta condición será corroborada y servirá como línea base para futuras evaluaciones.

El recurso agua es importante por cuanto estas alimentan a la principal cuenca hidrográfica como es la Zamora – Santiago, atravesando fincas que su principal ocupación económica es la agropecuaria.

Las 4 microcuencas actualmente desde su nacimiento en las partes altas atraviesan zonas de producción agropecuaria lo cual presentan un nivel de contaminación por dichas actividades.

La siguiente tabla detalla los lugares exactos donde se recolectaron las muestras para llevar a cabo el análisis de la calidad de agua.

Tabla 4.1-55. Ubicación de los puntos de muestreo - Agua

N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	COORDENADAS		FECHA DE MUESTREO (DD/MM/AAAA)	DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO
		X	Y		
1	A 3	727430	9608335	28/01/2025	Río Santa Cleotilde
2	A 4	730341	9597084		Río Yacuambi
3	A 2	765081	9608592		Río Chuchumbletza
4	A 1	774291	9609620		Río Zamora

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

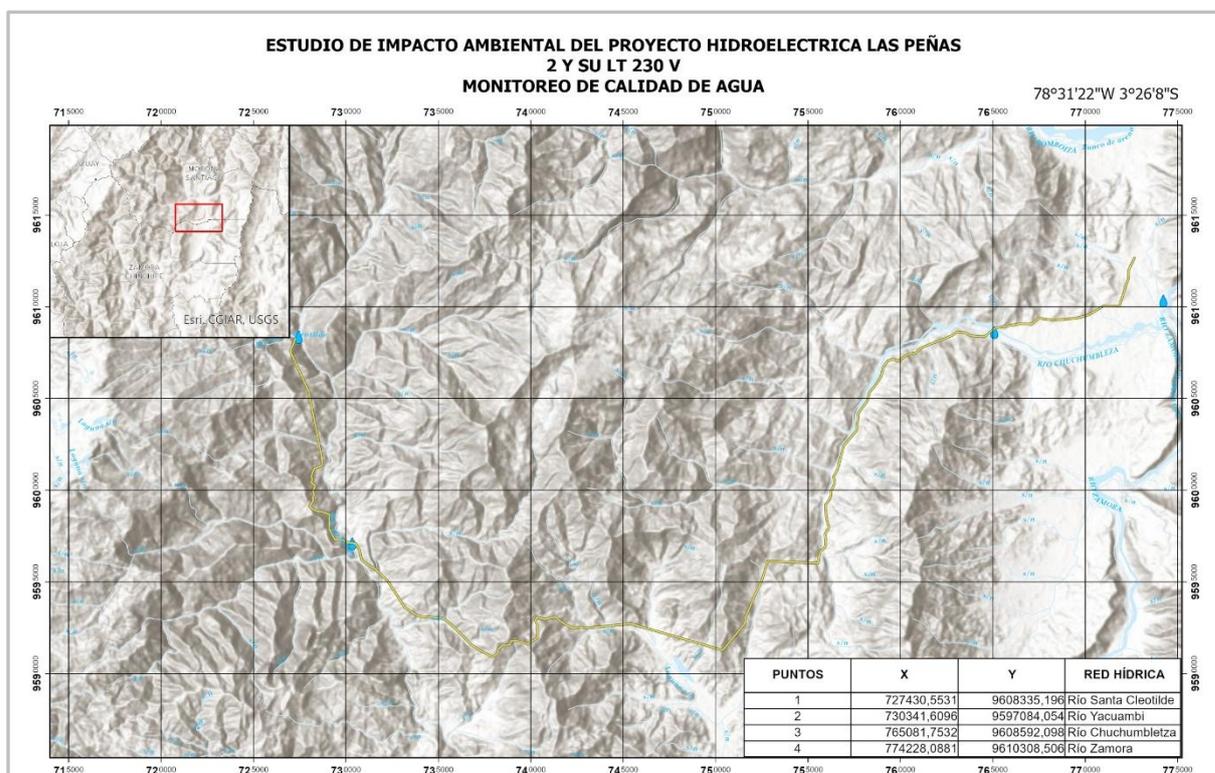


Figura 4.1-18. Mapa muestreos de calidad de agua

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

La representación cartográfica de los sitios específicos donde se recolectaron las muestras de agua se encuentra en el ANEXO 10.4. Mapas temáticos –14A Mapa de muestreos de calidad de agua- Línea de Transmisión.

#### 4.3.5.2.6. Resultados

Tabla 4.1-56. Resultados de muestreo – Agua A 3

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	7957-5	INCERTIDUMBRE (K=2)	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	<sup>(3)</sup> CRITERIO DE RESULTADOS
				A3			
OXÍGENO DISUELTO (% SATURACIÓN)	Standard Methods Ed. 24, 2023, 4500-O G NTE INEN-ISO 5814. 2014	POS - 70.00	%	<sup>(2)</sup> 98,10	± 3,8 %	>80	CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 24, 2023, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	<4,75	NE	20	CUMPLE
NITRÓGENO AMONICAL	Standard Methods Ed. 24, 2023, 4500-NH3 F	PA - 30.00	mg/l	<0,25	NE	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 24, 2023, 9221 B, E y F	PA - 66.00	NMP/100ml	49,0	± 0,44 NMP/100ml	NO APLICA	NO APLICA
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 24, 2023, 5220 D	PA - 01.00	mg/l	<10,0	NE	20	CUMPLE
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	Standard Methods Ed. 24, 2023, 2540 A y 2540 C	PA - 15.00	mg/l	<20,0	NE	NO APLICA	NO APLICA
SULFURO DE HIDRÓGENO(*)	APHA 4500-S <sup>2-</sup> D	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,0002	NE	NO APLICA	NO APLICA
TEMPERATURA	Standard Methods Ed. 24, 2023, 2550 B	PA - 47.00	°C	18,7	± 0,93 °C	NO APLICA	NO APLICA
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 24, 2023, 4500-H+ A y 4500-H+ B	POS - 25.00	U pH	6,74	± 0,08 U pH	6,5 - 9	CUMPLE
ALUMINIO	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992 EPA 6010 B, December 1996 Standard Methods Ed. 24, 2023, 3120 B	PA - 117.00	mg/l	0,206	± 0,005 mg/l	0,1	NO CUMPLE
NÍQUEL		PA - 117.00	mg/l	<0,010	NE	0,025	CUMPLE
ZINC		PA - 117.00	mg/l	<0,010	NE	0,03	CUMPLE
HIERRO		PA - 117.00	mg/l	0,284	± 0,023 mg/l	0,3	<sup>(4)</sup> CUMPLE
MANGANESO		PA - 117.00	mg/l	<0,010	NE	0,1	CUMPLE
CAUDAL	NTE INEN-ISO 748: 2014 NTE INEN-ISO 8316: 2014	POE - 28.00	l/s	1305,00 <sup>(6)</sup>	± 4,05 l/s	NO APLICA	NO APLICA

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

La muestra de agua analizada cumple con la mayoría de los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, excepto en el parámetro de Aluminio, que

excede el límite permitido. Por lo tanto, se puede considerar que el agua es de tipo dulce, pero con una observación importante respecto al contenido de Aluminio.

Otros parámetros como el Nitrógeno Amoniacal, Coliformes fecales, Sulfuro de Hidrógeno, Sólidos Disueltos Totales, Temperatura y Caudal no tienen límites aplicables según la normativa mencionada.

Tabla 4.1-57. Resultados de muestreo – Agua A 4

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	8724-2	INCERTIDUMBRE (K=2)	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	<sup>(3)</sup> CRITERIO DE RESULTADOS
				A4			
OXÍGENO DISUELTO (% SATURACIÓN)	Standard Methods Ed. 24, 2023, 4500-O G NTE INEN-ISO 5814: 2014	POS - 70.00	%	<sup>(2)</sup> 98,70	± 3,8 %	>80	CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 24, 2023, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	4,96	± 0,489 mg/l	20	CUMPLE
NITRÓGENO AMONIAICAL	Standard Methods Ed. 24, 2023, 4500-NH3 F	PA - 30.00	mg/l	<0,25	NE	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 24, 2023, 9221 B, E y F	PA - 66.00	NMP/100ml	920,0	± 79,99 NMP/100ml	NO APLICA	NO APLICA
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 24, 2023, 5220 D	PA - 01.00	mg/l	13,02	± 1,93 mg/l	20	CUMPLE
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	Standard Methods Ed. 24, 2023, 2540 A y 2540 C	PA - 15.00	mg/l	26,0	± 3,51 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
SULFURO DE HIDRÓGENO(*)	APHA 4500-S <sup>2</sup> - D	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,0002	NE	NO APLICA	NO APLICA
TEMPERATURA	Standard Methods Ed. 24, 2023, 2550 B	PA - 47.00	°C	19,2	± 0,93 °C	NO APLICA	NO APLICA
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 24, 2023, 4500-H+ A y 4500-H+ B	POS - 25.00	U pH	7,51	± 0,07 U pH	6,5 - 9	CUMPLE
ALUMINIO	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992 EPA 6010 B, December 1996 Standard Methods Ed. 24, 2023, 3120 B	PA - 117.00	mg/l	3,01	± 0,09 mg/l	0,1	NO CUMPLE
NÍQUEL		PA - 117.00	mg/l	<0,010	NE	0,025	CUMPLE
ZINC		PA - 117.00	mg/l	0,020	± 0,0002 mg/l	0,03	CUMPLE
HIERRO		PA - 117.00	mg/l	4,04	± 0,07 mg/l	0,3	NO CUMPLE
MANGANESO		PA - 117.00	mg/l	0,108	± 0,0001 mg/l	0,1	NO CUMPLE
CAUDAL		NTE INEN-ISO 748: 2014 NTE INEN-ISO 8316: 2014	POE - 28.00	l/s	26426,40 <sup>(a)</sup>	± 4,05 l/s	NO APLICA

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

Los resultados indican que, aunque varios parámetros cumplen con los criterios de calidad, hay incumplimientos significativos en los niveles de Aluminio, Hierro y Manganeso, lo cual podría afectar la calidad del agua para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces según la normativa ecuatoriana.

Tabla 4.1-58. Resultados de muestreo – Agua A 2

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	7957-2	INCERTIDUMBRE (K=2)	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	<sup>(2)</sup> CRITERIO DE RESULTADOS
				A2			
OXÍGENO DISUELTO (% SATURACIÓN)	Standard Methods Ed. 24, 2023, 4500-O G NTE INEN-ISO 5814. 2014	POS - 70.00	%	<sup>(2)</sup> 101,30	± 3,8 %	>80	CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 24, 2023, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	<4,75	NE	20	CUMPLE
NITRÓGENO AMONIACAL	Standard Methods Ed. 24, 2023, 4500-NH3 F	PA - 30.00	mg/l	<0,25	NE	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 24, 2023, 9221 B, E y F	PA - 66.00	NMP/100ml	920,0	± 79,99 NMP/100ml	NO APLICA	NO APLICA
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 24, 2023, 5220 D	PA - 01.00	mg/l	<10,0	NE	20	CUMPLE
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	Standard Methods Ed. 24, 2023, 2540 A y 2540 C	PA - 15.00	mg/l	44,0	± 3,53 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
SULFURO DE HIDRÓGENO(*)	APHA 4500-S <sup>2</sup> - D	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,0002	NE	NO APLICA	NO APLICA
TEMPERATURA	Standard Methods Ed. 24, 2023, 2550 B	PA - 47.00	°C	21,8	± 1,02 °C	NO APLICA	NO APLICA
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 24, 2023, 4500-H+ A y 4500-H+ B	POS - 25.00	U pH	6,89	± 0,08 U pH	6,5 - 9	CUMPLE
ALUMINIO	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992 EPA 6010 B, December 1996 Standard Methods Ed. 24, 2023, 3120 B	PA - 117.00	mg/l	0,263	± 0,005 mg/l	0,1	NO CUMPLE
NÍQUEL		PA - 117.00	mg/l	<0,010	NE	0,025	CUMPLE
ZINC		PA - 117.00	mg/l	<0,010	NE	0,03	CUMPLE
HIERRO		PA - 117.00	mg/l	0,488	± 0,066 mg/l	0,3	NO CUMPLE
MANGANESO		PA - 117.00	mg/l	0,020	± 0,0001 mg/l	0,1	CUMPLE
CAUDAL		NTE INEN-ISO 748: 2014 NTE INEN-ISO 8316: 2014	POE - 28.00	l/s	18760,00 <sup>(a)</sup>	± 4,05 l/s	NO APLICA

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

Los parámetros de Aluminio y Hierro no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos, lo cual podría representar un riesgo para la vida acuática y silvestre en aguas dulces.

Los demás criterios analizados cumplen con los criterios de calidad establecidos, lo que indica que, en general, el agua analizada es adecuada para la preservación de la vida acuática y silvestre, excepto por los niveles de Aluminio y Hierro.

Tabla 4.1-59. Resultados de muestreo – Agua A 1

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	7957-1	INCERTIDUMBRE (K=2)	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	<sup>(3)</sup> CRITERIO DE RESULTADOS
				A1			
OXÍGENO DISUELTO (% SATURACIÓN)	Standard Methods Ed. 24, 2023, 4500-O G NTE INEN-ISO 5814: 2014	POS - 70.00	%	<sup>(2)</sup> 95,30	± 3,8 %	>80	CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 24, 2023, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	21,50	± 1,61 mg/l	20	<sup>(4)</sup> NO CUMPLE
NITRÓGENO AMONIACAL	Standard Methods Ed. 24, 2023, 4500-NH3 F	PA - 30.00	mg/l	<0,25	NE	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 24, 2023, 9221 B, E y F	PA - 66.00	NMP/100ml	3500,0	± 362,35 NMP/100ml	NO APLICA	NO APLICA
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 24, 2023, 5220 D	PA - 01.00	mg/l	70,22	± 6,69 mg/l	20	NO CUMPLE
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	Standard Methods Ed. 24, 2023, 2540 A y 2540 C	PA - 15.00	mg/l	44,0	± 3,53 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
SULFURO DE HIDRÓGENO(*)	APHA 4500-S <sup>2</sup> : D	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	0,0294	± 0,00344 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
TEMPERATURA	Standard Methods Ed. 24, 2023, 2550 B	PA - 47.00	°C	21,2	± 1,02 °C	NO APLICA	NO APLICA
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 24, 2023, 4500-H+ A y 4500-H+ B	POS - 25.00	U pH	7,18	± 0,07 U pH	6,5 - 9	CUMPLE
ALUMINIO	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992 EPA 6010 B, December 1996 Standard Methods Ed. 24, 2023, 3120 B	PA - 117.00	mg/l	9,50	± 0,09 mg/l	0,1	NO CUMPLE
NÍQUEL		PA - 117.00	mg/l	<0,010	NE	0,025	CUMPLE
ZINC		PA - 117.00	mg/l	0,091	± 0,0002 mg/l	0,03	NO CUMPLE
HIERRO		PA - 117.00	mg/l	13,20	± 0,07 mg/l	0,3	NO CUMPLE
MANGANESO		PA - 117.00	mg/l	0,419	± 0,001 mg/l	0,1	NO CUMPLE
CAUDAL		NTE INEN-ISO 748: 2014 NTE INEN-ISO 8316: 2014	POE - 28.00	l/s	62580,00 <sup>(5)</sup>	± 4,05 l/s	NO APLICA

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

De los resultados que se pueden observar en la tabla para la muestra A 1, Río Zamora, existen varios parámetros analizados que no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa ecuatoriana para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces. Los parámetros que no cumplen incluyen la Demanda Bioquímica de Oxígeno, la Demanda Química de Oxígeno, Aluminio, Zinc, Hierro y Manganeseo. Por lo tanto, el agua analizada no cumple con ciertos criterios de calidad ambiental establecidos en el Acuerdo Ministerial Nro. 097-A.

Los resultados de Laboratorio se encuentran disponibles en el ANEXO 10.6. Línea base / 10.6.1. Componente físico / 10.6.1.5. Recurso agua.

De acuerdo a los resultados obtenidos durante los análisis efectuados, se tiene todas las concentraciones cumplen con lo señalado en el Acuerdo Ministerial 097A, Anexo 1 del Libro VI del TULSMA, Tabla 2: Criterios de Calidad Admisibles para la Preservación de la vida Acuática y Silvestre en Aguas Dulces Marinas y de Estuarios, a excepción de los parámetros que se detallan a continuación:

- Aluminio: A 3; A 4; A 2 y A 1
- Hierro : A 4; A 2 y A 1
- Manganeseo: A 4 y A 1
- DBO5: A 1
- DQO: A 1
- Zn: A 1

Cuando los parámetros como aluminio, hierro, manganeseo, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y zinc superan estos niveles permitidos, puede haber implicaciones serias para los ecosistemas acuáticos y la salud pública.

Las actividades antropogénicas que contribuyen a la contaminación del agua incluyen:

- Agricultura y Ganadería: El uso de fertilizantes y pesticidas puede aumentar los niveles de nitratos y otros contaminantes en el agua.
- Minería: La extracción de minerales puede liberar metales pesados como el aluminio, hierro y manganeseo en las fuentes de agua. (Fuente: *Contaminación del agua: causas, consecuencias y soluciones*, de Greenpeace).

El incumplimiento de los límites máximos permisibles de estos metales indica la presencia de actividades humanas, como actividades agropecuarias.

#### 4.3.6. Campos electromagnéticos

La presente evaluación de radiación no ionizante tiene como objetivo determinar las condiciones actuales de calidad, comparando los resultados de los análisis de laboratorio con los límites máximos establecidos en la legislación ambiental ecuatoriana vigente.

##### 4.3.6.1. Metodología

El análisis de calidad de aire se determinó a través del laboratorio LABCESTTA TECNOLOGIA Y CALIDAD acreditado ante Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), con registro No. SAE LEN 18-034.

Para la caracterización de la radiación existente en el área de estudio, se llevó a cabo una medición de radiaciones no ionizantes en un punto punto casa de máquinas- línea de transmisión.

El marco metodológico aplicable se encuentra establecido en el Anexo 10 del Libro VI del TULSMA: Norma de Radiaciones No Ionizantes de Campos Electromagnéticos, que señala que la intensidad de campo eléctrico bajo una línea de transmisión deberá medirse a una altura de un (1) metro sobre el nivel del suelo.

##### 4.3.6.2. Ubicación

La siguiente tabla se presenta la ubicación de los sitios donde se realizaron las mediciones de campos electromagnéticos.

Tabla 4.1-60. Ubicación de los puntos de muestreo – Campos electromagnéticos

N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	COORDENADAS		FECHA DE MUESTREO (DD/MM/AAAA)	DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO
		X	Y		
1	RAD-3	723779	9610833	16/5/2024	Casa de máquinas- Línea de transmisión

Fuente: Informe de monitoreo No: HDA-003-24

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

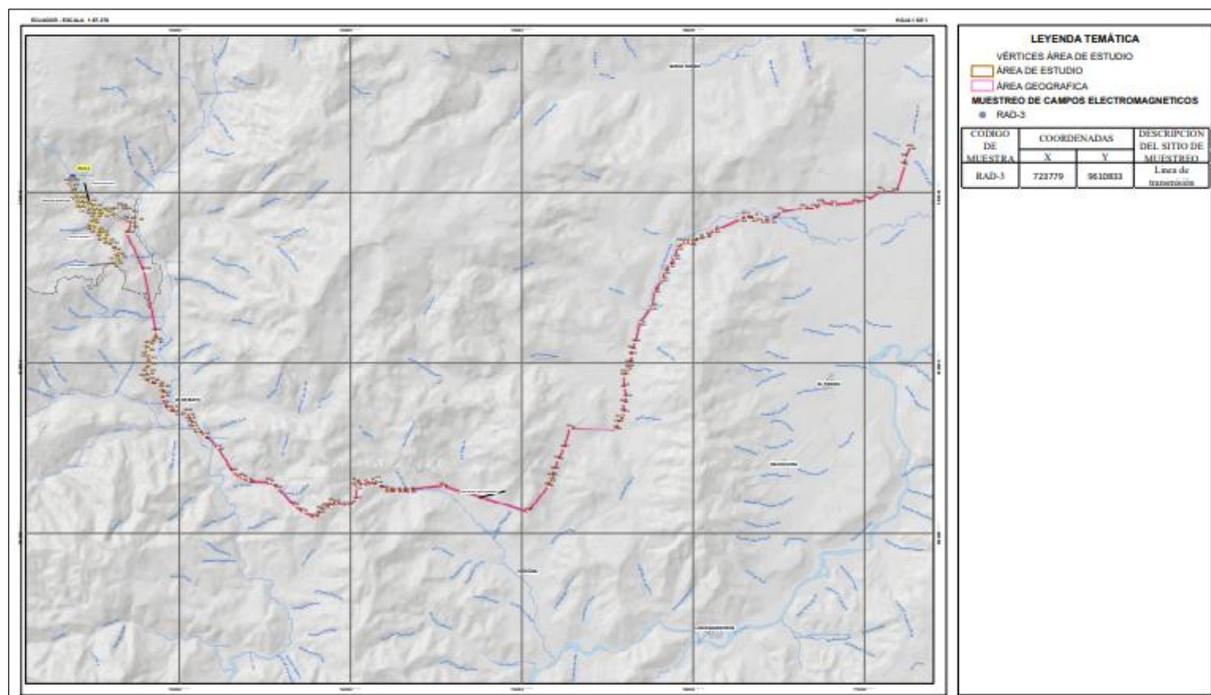


Figura 4.1-19. Mapa muestreo de campos electromagnéticos

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

La representación cartográfica de los sitios específicos donde se recolectaron las mediciones para el análisis de calidad de aire se encuentra en el ANEXO 10.4. Mapas temáticos – 16\_Mapa de muestreos de campos electromagnéticos.

#### 4.3.6.3. Resultados

Tabla 4.1-61. Resultados de muestreo – Campos electromagnéticos

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO DE MUESTREO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Intensidad Campo Eléctrico	V/m	1,82	4167
Intensidad Campo Magnético	A/m	0,37	67

Densidad de Flujo Magnético	$\mu\text{T}$	0,47	83
-----------------------------------	---------------	------	----

Fuente: Informe de monitoreo No: HDA-003-24

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

Los resultados de Laboratorio se encuentran disponibles en el ANEXO 10.6. Línea base / 10.6.1. Componente físico / 10.6.1.6. Campos electromagnéticos.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, los valores registrados para todos los sitios monitoreados presentan valores que se encuentran muy por debajo de los niveles de referencia establecidos en el Anexo 10 del Libro VI del TULSMA.

#### 4.3.6.4. Metodología para la Línea de Transmisión 230KV

El análisis de calidad de aire se determinó con el laboratorio de Ensayo ALS ECUADOR ALSECU S.A. acreditado ante Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), con registro No. SAE LEN 05-005.

Para la caracterización de la radiación existente en el área de estudio, se llevó a cabo una medición de radiaciones no ionizantes en cuatro diferentes puntos a lo largo de la línea de transmisión.

El marco metodológico aplicable se encuentra establecido en el Anexo 10 del Libro VI del TULSMA: Norma de Radiaciones No Ionizantes de Campos Electromagnéticos, que señala que la intensidad de campo eléctrico bajo una línea de transmisión deberá medirse a una altura de un (1) metro sobre el nivel del suelo.

#### 4.3.6.5. Ubicación

El monitoreo de radiación no ionizante se emplea comúnmente para evaluar las emisiones provenientes de antenas de telecomunicaciones, debido a que estas estructuras generan campos electromagnéticos de alta frecuencia con posibles implicaciones para la salud humana. No obstante, en el caso de las torres de transmisión de energía eléctrica, cuya emisión corresponde a frecuencias extremadamente bajas (ELF, por sus siglas en inglés), diversos estudios técnicos han concluido que su impacto es generalmente considerado insignificante.

A pesar de esto, y en virtud de la importancia de establecer una línea base ambiental que refleje el estado actual de las radiaciones no ionizantes en la zona de influencia del proyecto, se ha dispuesto la realización de un monitoreo especializado. Este procedimiento permitirá recopilar datos objetivos que

respalden el cumplimiento de los estándares nacionales e internacionales en materia de exposición a campos electromagnéticos.

Para garantizar la representatividad del estudio, se han seleccionado estratégicamente cuatro puntos de monitoreo, considerando tanto la homogeneidad del entorno en la línea de transmisión como la necesidad de evaluar posibles impactos en los centros poblados atravesados por la infraestructura.

**Primer punto de monitoreo:** Se ubicó directamente en la línea de transmisión, en un sector representativo donde las condiciones ambientales son homogéneas a lo largo del trazado de la infraestructura. Este punto permitirá obtener datos de referencia sobre los niveles de radiación en el área de mayor proximidad a la fuente emisora.

**Segundo punto de monitoreo:** Se estableció en el centro poblado de Yacuambi, un área habitada donde es fundamental evaluar cualquier posible presencia de radiaciones no ionizantes y su impacto sobre la comunidad.

**Tercer punto de monitoreo:** Se fijó en la localidad de Chicaña, otro centro poblado dentro del área de influencia del proyecto. Este punto refuerza la representatividad del monitoreo al incorporar diferentes condiciones geográficas y de exposición dentro del trazado de la línea de transmisión.

**Cuarto punto de monitoreo:** Se determinó en el Centro Shuar, dada su relevancia sociocultural y la importancia de evaluar la exposición a posibles emisiones en comunidades Shuar asentadas dentro del área del proyecto.

Aunque la normativa ecuatoriana no exige expresamente este tipo de monitoreo para líneas de transmisión eléctrica, la implementación de esta evaluación contribuirá a verificar que los niveles de exposición se mantengan dentro de los parámetros aceptables, asegurando que no representen un riesgo para la salud humana ni para el entorno ambiental.

La siguiente tabla se presenta la ubicación de los sitios donde se realizaron las mediciones de campos electromagnéticos.

Tabla 4.1-62. Ubicación de los puntos de muestreo – Campos electromagnéticos

N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	COORDENADAS		FECHA DE MUESTREO (DD/MM/AAAA)	DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO
		X	Y		
1	RNI 3	727273	9608283	28/01/2025	Inicio-Línea de transmisión
2	RNI 4	730054	9597137	29/01/2025	Centro Poblado Yacuambi
3	RNI 2	746471	9592410	28/01/2025	Centro Poblado de Chicaña
4	RNI 1	771582	9610007	28/01/2025	Centro Shuar

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

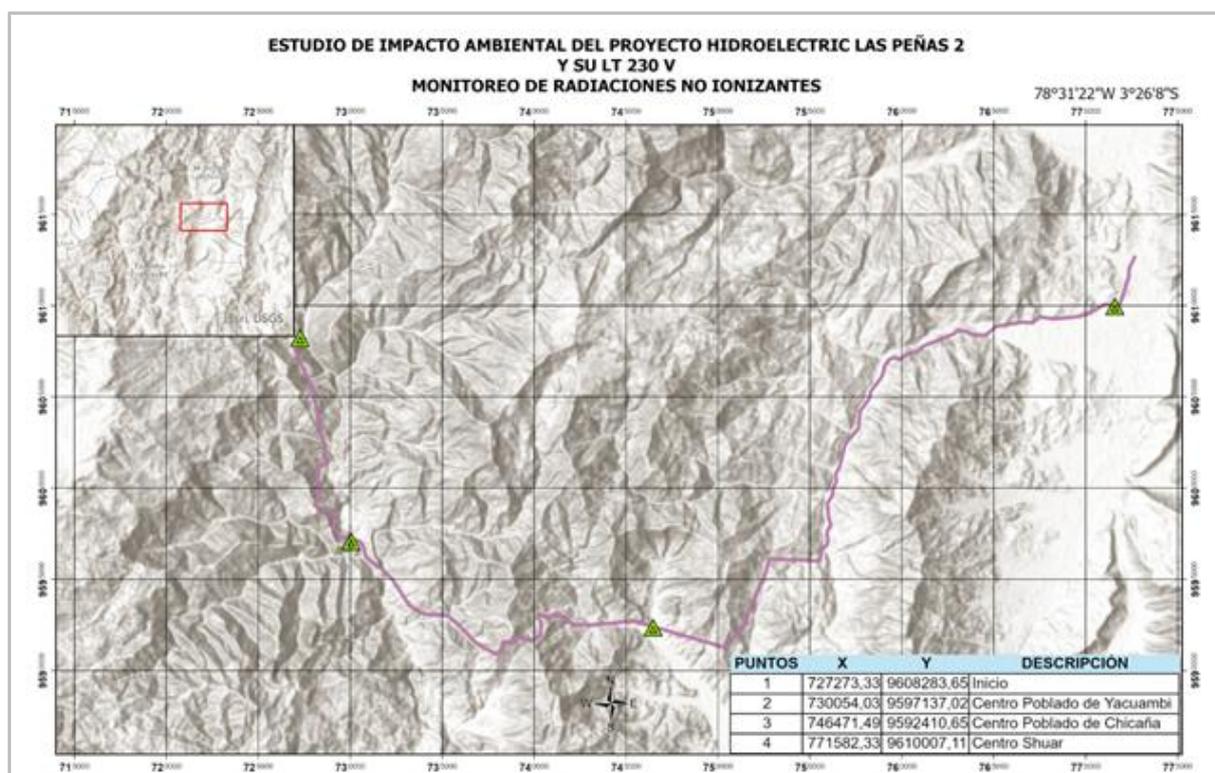


Figura 4.1-20. Mapa muestreo de campos electromagnéticos

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

La representación cartográfica de los sitios específicos donde se recolectaron las mediciones para los análisis de campos electromagnéticos se encuentra en el ANEXO 10.4. Mapas temáticos – 16A Mapa de muestreos de campos electromagnéticos.

#### 4.3.6.6. Resultados

Tabla 4.1-63. Resultados de muestreo **RNI 3**– Campos electromagnéticos-Intensidad Campo Electrico.

INTENSIDAD CAMPO ELÉCTRICO				
MEDICIÓN	UNIDAD	RESULTADO DE MUESTREO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIOS DE RESULTADOS
1	V m <sup>-1</sup>	3,543	4167	CUMPLE
2	V m <sup>-1</sup>	3,628	4167	CUMPLE
3	V m <sup>-1</sup>	4,826	4167	CUMPLE
4	V m <sup>-1</sup>	3,424	4167	CUMPLE
5	V m <sup>-1</sup>	3,236	4167	CUMPLE

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

Tabla 4.1-64. Resultados de muestreo **RNI 3**– Campos electromagnéticos-Intensidad Campo Magnético

INTENSIDAD CAMPO MAGNÉTICO				
MEDICIÓN	UNIDAD	RESULTADO DE MUESTREO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIOS DE RESULTADOS
1	A m <sup>-1</sup>	0,002102	67	CUMPLE
2	A m <sup>-1</sup>	0,002642	67	CUMPLE
3	A m <sup>-1</sup>	0,002842	67	CUMPLE

4	A m <sup>-1</sup>	0,002742	67	CUMPLE
5	A m <sup>-1</sup>	0,002327	67	CUMPLE

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

Tabla 4.1-65. Resultados de muestreo **RNI 3**– Campos electromagnéticos-Densidad de Flujo Magnético

DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO				
MEDICIÓN	UNIDAD	RESULTADO DE MUESTREO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIOS DE RESULTADOS
1	μT	0,001413	83	CUMPLE
2	μT	0,001626	83	CUMPLE
3	μT	0,002143	83	CUMPLE
4	μT	0,001872	83	CUMPLE
5	μT	0,001643	83	CUMPLE

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

Tabla 4.1-66. Resultados de muestreo **RNI 4**– Campos electromagnéticos-Intensidad Campo Electrico.

INTENSIDAD CAMPO ELÉCTRICO				
MEDICIÓN	UNIDAD	RESULTADO DE MUESTREO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIOS DE RESULTADOS
1	V m <sup>-1</sup>	2,056	4167	CUMPLE
2	V m <sup>-1</sup>	2,543	4167	CUMPLE

3	V m <sup>-1</sup>	3,974	4167	CUMPLE
4	V m <sup>-1</sup>	2,748	4167	CUMPLE
5	V m <sup>-1</sup>	2,852	4167	CUMPLE

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

Tabla 4.1-67. Resultados de muestreo **RNI 4**– Campos electromagnéticos-Intensidad Campo Magnético

INTENSIDAD CAMPO MAGNÉTICO				
MEDICIÓN	UNIDAD	RESULTADO DE MUESTREO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIOS DE RESULTADOS
1	A m <sup>-1</sup>	0,001836	67	CUMPLE
2	A m <sup>-1</sup>	0,002630	67	CUMPLE
3	A m <sup>-1</sup>	0,002337	67	CUMPLE
4	A m <sup>-1</sup>	0,001836	67	CUMPLE
5	A m <sup>-1</sup>	0,001638	67	CUMPLE

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

Tabla 4.1-68. Resultados de muestreo **RNI 4**– Campos electromagnéticos-Densidad de Flujo Magnético

DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO				
MEDICIÓN	UNIDAD	RESULTADO DE MUESTREO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIOS DE RESULTADOS
1	μT	0,002918	83	CUMPLE
2	μT	0,001718	83	CUMPLE

3	$\mu\text{T}$	0,002382	83	CUMPLE
4	$\mu\text{T}$	0,002446	83	CUMPLE
5	$\mu\text{T}$	0,001707	83	CUMPLE

Fuente: Informe de monitoreo  
Elaborado por: Equipo consultor, 2025

Tabla 4.1-69. Resultados de muestreo **RNI 2**– Campos electromagnéticos-Intensidad Campo Eléctrico.

INTENSIDAD CAMPO ELÉCTRICO				
MEDICIÓN	UNIDAD	RESULTADO DE MUESTREO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIOS DE RESULTADOS
1	$\text{V m}^{-1}$	70,4	4167	CUMPLE
2	$\text{V m}^{-1}$	69,6	4167	CUMPLE
3	$\text{V m}^{-1}$	68,6	4167	CUMPLE
4	$\text{V m}^{-1}$	52,4	4167	CUMPLE
5	$\text{V m}^{-1}$	50,2	4167	CUMPLE

Fuente: Informe de monitoreo  
Elaborado por: Equipo consultor, 2025

Tabla 4.1-70. Resultados de muestreo **RNI 2**– Campos electromagnéticos-Intensidad Campo Magnético

INTENSIDAD CAMPO MAGNÉTICO				
MEDICIÓN	UNIDAD	RESULTADO DE MUESTREO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIOS DE RESULTADOS
1	$\text{A m}^{-1}$	0,009743	67	CUMPLE
2	$\text{A m}^{-1}$	0,007882	67	CUMPLE

3	A m <sup>-1</sup>	0,003472	67	CUMPLE
4	A m <sup>-1</sup>	0,003284	67	CUMPLE

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

Tabla 4.1-71. Resultados de muestreo **RNI 2**– Campos electromagnéticos-Densidad de Flujo Magnético

DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO				
MEDICIÓN	UNIDAD	RESULTADO DE MUESTREO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIOS DE RESULTADOS
1	μT	0,01312	83	CUMPLE
2	μT	0,01232	83	CUMPLE
3	μT	0,00384	83	CUMPLE
4	μT	0,00326	83	CUMPLE
5	μT	0,00308	83	CUMPLE

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

Tabla 4.1-72. Resultados de muestreo **RNI 1**– Campos electromagnéticos-Intensidad Campo Electrico.

INTENSIDAD CAMPO ELÉCTRICO				
MEDICIÓN	UNIDAD	RESULTADO DE MUESTREO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIOS DE RESULTADOS
1	V m <sup>-1</sup>	68,32	4167	CUMPLE
2	V m <sup>-1</sup>	67,84	4167	CUMPLE

3	V m <sup>-1</sup>	74,80	4167	CUMPLE
4	V m <sup>-1</sup>	43,50	4167	CUMPLE
5	V m <sup>-1</sup>	40,28	4167	CUMPLE

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

Tabla 4.1-73. Resultados de muestreo **RNI 1**– Campos electromagnéticos-Intensidad Campo Magnético

INTENSIDAD CAMPO MAGNÉTICO				
MEDICIÓN	UNIDAD	RESULTADO DE MUESTREO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIOS DE RESULTADOS
1	A m <sup>-1</sup>	0,010324	67	CUMPLE
2	A m <sup>-1</sup>	0,009625	67	CUMPLE
3	A m <sup>-1</sup>	0,002093	67	CUMPLE
4	A m <sup>-1</sup>	0,002940	67	CUMPLE
5	A m <sup>-1</sup>	0,002962	67	CUMPLE

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

Tabla 4.1-74. Resultados de muestreo **RNI 1**– Campos electromagnéticos-Densidad de Flujo Magnético

DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO				
MEDICIÓN	UNIDAD	RESULTADO DE MUESTREO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIOS DE RESULTADOS
1	μT	0,01718	83	CUMPLE
2	μT	0,01682	83	CUMPLE
3	μT	0,00309	83	CUMPLE
4	μT	0,00286	83	CUMPLE
5	μT	0,00274	83	CUMPLE

Fuente: Informe de monitoreo

Elaborado por: Equipo consultor, 2025

Los resultados de Laboratorio se encuentran disponibles en el ANEXO 10.6. Línea base / 10.6.1. Componente físico / 10.6.1.6. Campos electromagnéticos.

Como se puede apreciar en las tablas anteriores, los valores registrados para todos los sitios monitoreados presentan valores que se encuentran muy por debajo de los niveles de referencia establecidos en el Anexo 10 del Libro VI del TULSMA.

#### 4.3.7. Recuso paisajístico

Se entiende por paisaje a cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos.

##### 4.3.7.1. Metodología

Se emplea el método indirecto del Bureau of Land Management (BLM, 1980) para evaluar la calidad visual del paisaje. Este método se fundamenta en la evaluación de las características visuales fundamentales de los componentes del paisaje, como: morfología, vegetación, agua, color, fondo escénico, rareza y actuación humana. Cada componente recibe una puntuación según los criterios establecidos, y la suma total de estas determina la categoría de calidad visual, en comparación con una escala de referencia.

Tabla 4.1-75. Criterios de valoración y puntuación para evaluar la calidad visual del paisaje.

COMPONENTE	CRITERIO DE VALORACIÓN Y PUNTUACIÓN		
Morfología (M)	Relieve muy montañoso, marcado y prominente, (acantilados, agujas, grandes formaciones rocosas); o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado, o sistemas de dunas, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominantes.	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales.	Colinas suaves, fondos de valle planos, pocos o ningún detalle singular
	5	3	1
Vegetación (V)	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución interesante	Alguna variedad en la vegetación, pero solo uno o dos tipos	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación.
	5	3	1
Fondo escénico (FE)	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual.	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto.	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto.
	5	3	0
Color (C)	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes, pero no actúa como elemento dominante	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados

	5	3	1
Agua (A)	Factor dominante en el paisaje; limpia y clara, aguas blancas (rápido y cascado) o láminas de agua en reposo.	Agua en movimiento o reposo, pero no dominante en el paisaje.	Ausente o inapreciable
	5	3	0
Rareza (R)	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional	Característico, o, aunque similar a otros en la región	Bastante común en la región.
	6	2	1
Actuación Humana (AH)	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica.
	3	1	0

Fuente: Bureau of Land Management (BLM, 1980)

Después de evaluar cada componente de acuerdo con la ponderación indicada en la tabla previa, se suma cada valor obtenido. Posteriormente, se compara el resultado con la escala de calidad visual definida por la metodología, la cual se describe a continuación.

Tabla 4.1-76. Escala de valoración de calidad visual del paisaje

DEFINICIÓN DE CALIDAD	DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
Clase A	Área de alta calidad, Áreas con rasgos singulares y sobresalientes.	>19

Clase B	Áreas de calidad media, Áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y línea, pero que resultan comunes en la región estudiada y no son excepcionales.	12 - 18
Clase C	Áreas de baja calidad, Áreas con muy poca variedad en la forma, color, línea y textura.	0 - 11

Fuente: Bureau of Land Management (BLM, 1980)

#### 4.3.7.2. Resultados

Siguiendo el proceso establecido por la metodología mencionada, se muestran a continuación los resultados del análisis del paisaje llevado a cabo en el área del proyecto.

Tabla 4.1-77. Resultados - criterios de evaluación y puntuación-

COMPONENTE	ANALISIS	FOTO	VALORACIÓN
Morfología (M)	El área se encuentra mayoritariamente sobre laderas aunque existen remanentes de relieves volcánicos, tectónicos y valles fluviales.		3

<p>Vegetación (V)</p>	<p>El 84,85% del área del proyecto se clasifica como tierras agropecuarias, el 14,40% como bosque nativo, y también incluye cuerpos de agua y áreas antrópicas.</p>		<p>3</p>
<p>Fondo escénico (FE)</p>	<p>El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual, ya que incluye áreas con restos de bosque nativo y atractivos turísticos.</p>		<p>3</p>

<p>Color (C)</p>	<p>En la zona de estudio del proyecto prevalece el verde claro de las tierras agrícolas, así como el verde oscuro de las áreas boscosas más densas.</p>		<p>3</p>
<p>Agua (A)</p>	<p>El agua se aprecia visualmente turbia y además presenta concentraciones de parámetros fuera de los criterios de calidad de la norma.</p>		<p>3</p>
<p>Rareza (R)</p>	<p>La rareza del entorno es similar a la que se encuentra en la región sureste del país.</p>		<p>1</p>

<p>Actuación Humana (AH)</p>	<p>La zona está intervenida y presenta actividades que alteran la calidad visual del entorno, incluyendo labores agropecuarias y asentamientos humanos.</p>		<p>0</p>
<p>TOTAL</p>			<p>16</p>

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

Según el valor obtenido, se determina que la calidad visual del paisaje es 16, indicando que la zona tiene una calidad paisajística media. Esto significa que las áreas presentan una variedad en la forma, color y línea de sus rasgos, aunque son comunes en la región estudiada y no destacan por ser excepcionales.