

CONTENIDO

	Pág.
3.0 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL (LÍNEA BASE).....	1
3.1 INTRODUCCIÓN.....	1
3.2 METODOLOGÍA GENERAL	1
3.3 COMPONENTE FÍSICO	3
3.3.1 Metodología.....	3
3.3.1.1 Geología.....	3
3.3.1.2 Geomorfología	4
3.3.1.3 Suelos.....	5
3.3.1.4 Hidrogeología.....	6
3.3.1.5 Clima.....	7
3.3.1.6 Calidad de Aire.....	8
3.3.1.7 Nivel de Presión Sonora.....	11
3.3.1.8 Hidrología	13
3.3.2 Resultados.....	25
3.3.2.1 Geología.....	25
3.3.2.2 Geomorfología	33
3.3.2.3 Hidrogeología.....	37
3.3.2.4 Fenómenos Naturales	39
3.3.2.5 Suelos.....	45
3.3.2.6 Climatología.....	61
3.3.2.7 Calidad del Aire	75
3.3.2.8 Nivel de Presión Sonora.....	77
3.3.2.9 Hidrología	82
3.3.2.10 Calidad de Cuerpos Hídricos.....	124
3.3.3 Conclusiones del Medio Físico.....	131

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla Nº 3.3.1.- Permeabilidad de las formaciones geológicas en la zona del Roda.....	7
Tabla Nº 3.3.2.- Datos de las Estaciones Meteorológicas Analizadas.....	7
Tabla Nº 3.3.3.- Límites permisibles Para Calidad del Aire.....	9
Tabla Nº 3.3.4.- Niveles máximos de emisión de ruido (Lkeq) para Fuentes Fijas de Ruido	12
Tabla Nº 3.3.5.- Permeabilidad y sensibilidad hidrogeológica en el tramo de estudio del Roda.....	38
Tabla Nº 3.3.6.- Resumen de tramos del Roda de acuerdo a sensibilidad Hidrogeológica	39
Tabla Nº 3.3.7.- Ubicación de Muestras de Suelos - Agrológico	46
Tabla Nº 3.3.8.- Resultados de Análisis Agrológico de Suelos.....	48
Tabla Nº 3.3.9.- Ubicación de las Submuestras de Suelos	54
Tabla Nº 3.3.10.- Análisis Químicos de suelos RODA	57
Tabla Nº 3.3.11.- Valores Medios y Extremos Mensuales de Temperatura	63
Tabla Nº 3.3.12.- Valores Medios Mensuales de Humedad Relativa.....	64
Tabla Nº 3.3.13.- Valores Medios Mensuales de Nubosidad	66
Tabla Nº 3.3.14.- Distribución Porcentual de la Dirección del Viento en Rumbo	66
Tabla Nº 3.3.15.- Valores Medios y Extremos Mensuales de Velocidad del Viento y Otras Características.....	68
Tabla Nº 3.3.16.- Valores Característicos de Pluviosidad Mensual	68
Tabla Nº 3.3.17.- Valores Característicos de Pluviosidad Anual	68
Tabla Nº 3.3.18.- Información Adicional Relacionada con Pluviosidad	69
Tabla Nº 3.3.19.- ETP mensual y anual en el área de interés (mm)	74
Tabla Nº 3.3.20.- Balance Hídrico – Estación Lago Agrio Aeropuerto (mm).....	75
Tabla Nº 3.3.21.- Ubicación de Puntos de Muestreo de Calidad de Aire	76
Tabla Nº 3.3.22.- Resultados de Puntos de Muestreo Calidad de Aire.....	76



Tabla N° 3.3.23.-Localización de sitios de Muestreo de Ruido Ambiente.....	77
Tabla N° 3.3.24.- Resultados de Medición de Ruido Ambiente, MCRA 1 Puente Cuyabeno.....	80
Tabla N° 3.3.26.- Resultados de Medición de Ruido Ambiente Externo, MCRA 3 Estación de Transferencia Chiritza ..	81
Tabla N° 3.3.27.- Cruces del oleoducto con la red hídrica, tramo 45+600 hasta 98+500.....	83
Tabla N° 3.3.28.- Características físicas de las subcuencas del oleoducto tramo 45+600 hasta 98+500.....	87
Tabla N° 3.3.29.- Tipos de suelo en subcuencas del oleoducto tramo 45+600 hasta 98+500	90
Tabla N° 3.3.30.- Información de caudales disponible.....	92
Tabla N° 3.3.31.- Ubicación de sitios de aforo e información de mediciones (UTM-WGS84 18S).....	96
Tabla N° 3.3.32.- Caudales Medios Mensuales en estación H1133 Aguarico en Nueva Loja (m3/s)	97
Tabla N° 3.3.33.- Caudales medios anuales y específicos en las estaciones hidrológicas	98
Tabla N° 3.3.34.- Caudales característicos en valores medios mensuales en las estaciones.....	99
Tabla N° 3.3.35.- Curva de variación estacional en la estación H1133 aguarico en nueva Loja	100
Tabla N° 3.3.36.- Caudales medios anuales en las subcuencas del oleoducto tramo 45+600 hasta 98+500.....	102
Tabla N° 3.3.37.- Caudales medios y mínimos en las subcuencas del oleoducto tramo 45+600 hasta 98+500.....	102
Tabla N° 3.3.38.- Caudales ecológicos en los sitios de interés.....	104
Tabla N° 3.3.39.- Número de Autorizaciones de uso y aprovechamiento	105
Tabla N° 3.3.40.- Tipos de Autorizaciones y Caudales	105
Tabla N° 3.3.41.- Tiempos de concentración y duración del evento de tormenta.....	109
Tabla N° 3.3.42.- Ecuaciones de Intensidad de lluvia de la Zona 64.....	110
Tabla N° 3.3.43.- Intensidades máximas para la Zona 64 (mm/h).....	111
Tabla N° 3.3.44.- Precipitaciones máximas para la Zona 64 (mm)	111
Tabla N° 3.3.45.- Lámina de precipitación máxima para diferentes duraciones (mm).....	112
Tabla N° 3.3.46.- Hietograma de precipitaciones con período de retorno – evento de tormenta de duración 480 minutos	112
Tabla N° 3.3.47.- Número de Curva ponderado para la subcuenca del río Cuyabeno PMI 02 – AMC II	114
Tabla N° 3.3.48.- Número de Curva ponderado para las subcuencas de interés – AMC II	115
Tabla N° 3.3.49.- Parámetros del modelo hidrológico de caudales máximos.....	116
Tabla N° 3.3.50.- Caudales máximos con período de retorno en áreas de drenaje mayores a 5 km2	116
Tabla N° 3.3.51.- Coeficientes de escorrentía de referencia.....	122
Tabla N° 3.3.52.- Coeficientes de escorrentía de las áreas de drenaje.....	122
Tabla N° 3.3.53.- Intensidades máximas con periodo de retorno para áreas de drenaje (mm/h)	123
Tabla N° 3.3.54.- Caudales máximos con periodo de retorno para áreas de drenaje menor (m3/s).....	124
Tabla N° 3.3.55.- Puntos Muestras de Agua.....	124
Tabla N° 3.3.56.- Resultados de Análisis de Aguas	126
Tabla N° 3.3.57.- Continuación Resultados de Análisis de Aguas	126
Tabla N° 3.3.58.- Continuación Resultados de Análisis de Aguas	127

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 3.3.1.- Contexto Geodinámico del Ecuador y países vecinos	26
Figura N° 3.3.2.- Mapa Estructural de la Cuenca Oriente con sus tres corredores estructurales – petrolíferos	28
Figura N° 3.3.3.- Sección Estructural de los Corredores	30
Figura N° 3.3.4.- Columna estratigráfica y eventos tectónicos que controlaron la cuenca oriente	31
Figura N° 3.3.5.- Hidrogeología del tramo del RODA en estudio.....	38
Figura N° 3.3.6.- Resultados de humedad (%) en los horizontes de suelos muestreados en el RODA.....	48
Figura N° 3.3.7.- Resultados de pH en los horizontes de suelos muestreados en el RODA	49
Figura N° 3.3.8.- Resultados de calcio (mg/kg) en los horizontes de suelos muestreados en el RODA.....	49
Figura N° 3.3.9.- Resultados de cobre (mg/kg) en los horizontes de suelos muestreados en el RODA	50
Figura N° 3.3.10.- Resultados de Hierro (mg/kg) en los horizontes de suelos muestreados en el RODA	51
Figura N° 3.3.11.- Resultados de Manganeseo (mg/kg) en los horizontes de suelos muestreados en el RODA	51
Figura N° 3.3.12.- Resultados de Potasio (mg/kg) en los horizontes de suelos muestreados en el RODA.....	52
Figura N° 3.3.13.- Resultados de Zinc (mg/kg) en los horizontes de suelos muestreados en el RODA	52
Figura N° 3.3.14.- Resultados de Fósforo (mg/kg) en los horizontes de suelos muestreados en el RODA.....	53
Figura N° 3.3.15.- Resultados de Materia Orgánica (mg/kg) en los horizontes de suelos muestreados en el RODA	53
Figura N° 3.3.16.- Resultados de textura del suelo (%) en los horizontes de suelos muestreados en el RODA	54
Figura N° 3.3.17.- Resultados de TPH	58
Figura N° 3.3.18.- Resultados de HAPs	59
Figura N° 3.3.19.- Resultados de Cadmio	59
Figura N° 3.3.20.- Resultados de Níquel	60
Figura N° 3.3.21.- Resultados de Plomo	60



Figura N° 3.3.22.- Localización de Estaciones Climatológicas	62
Figura N° 3.3.23.- Mapa de Zonas de Temperatura.....	65
Figura N° 3.3.24.- Distribución de la dirección del viento (Estación Coca) Periodo 1981-2017	67
Figura N° 3.3.25.- Distribución de la dirección del viento (Estación Lago Agrio) Periodo 1981-2017	67
Figura N° 3.3.26.- Mapa de Zonas de Precipitación.....	70
Figura N° 3.3.27.- Variación estacional de la ETP.....	74
Figura N° 3.3.28.- Balance Hídrico en estación Lago Agrio Aeropuerto	75
Figura N° 3.3.29.- Cuencas y Subcuencas del Área de Estudio.....	85
Figura N° 3.3.30.- Curva hipsométrica del río CUYABENO.....	86
Figura N° 3.3.31.- Grupo Hidrológico del suelo en función de la textura	89
Figura N° 3.3.32.-Cálculo de aforo – método velocidad área.....	95
Figura N° 3.3.33.-Caudales medios mensuales H1133 Aguarico en Nueva Loja.....	97
Figura N° 3.3.34.- Caudales medios mensuales en la estación H1133 Aguarico en Nueva Loja	98
Figura N° 3.3.35.- Curva de Duración General - caudales mensuales en río aguarico	99
Figura N° 3.3.36.- Caudales de la curva de variación estacional en la estación H1133 aguarico en nueva Loja.....	100
Figura N° 3.3.37.- Curvas Intensidad – Duración – Periodo de retorno Zona 64	111
Figura N° 3.3.38.- Hietograma de lluvia para evento de tormenta en el río Tarapoa – duración 480 minutos (Tr = 100 años)	113
Figura N° 3.3.39.- Modelo de cuenca para una lluvia de duración 1260 minutos – río Cuyabeno PMI 02	115
Figura N° 3.3.40.- Hidrograma de crecida tr 25 años – Río Cuyabeno PMI 02	117
Figura N° 3.3.41.- Hidrograma de crecida tr 25 años – quebrada Iwia Mariann 4 PMI 05	118
Figura N° 3.3.42.- Hidrograma de crecida tr 25 años – Río Tarapoa PMI 07	118
Figura N° 3.3.43.- Hidrograma de crecida tr 25 años – Quebrada sin nombre PMI 09	119
Figura N° 3.3.44.- Hidrograma de crecida tr 25 años – pantano vía Tarapoa PMI 11	119
Figura N° 3.3.45.- Hidrograma de crecida tr 25 años – Río Libertad PMI 13	120
Figura N° 3.3.46.- Hidrograma de crecida tr 25 años – Río Chiritza PMI 17.....	120

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía N° 3.3.1.- Vista desde la abscisa desde la abscisa 53+500 AG2 hacia el norte.....	34
Fotografía N° 3.3.2.- Vista desde la abscisa desde la abscisa 77+230.....	35
Fotografía N° 3.3.3.- Vista desde la abscisa 64+500 hacia el NE Llanura aluvial en el tramo de la variante del RODA...	36
Fotografía N° 3.3.4.- Vista panorámica de la Estación Chiritza	36

3.0 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL (LÍNEA BASE)

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe y caracteriza cada componente ambiental del área del proyecto, para los siguientes componentes:

- Componente Físico
- Componente Biótico
- Componente Socioeconómico
- Componente Arqueológico Cultural
- Componente Perceptual (Paisaje)

A continuación, se detalla la metodología aplicada para la elaboración de esta línea base y luego se presentan los resultados del análisis que posteriormente servirán para la identificación de las áreas ambientalmente sensibles y la definición de un Plan de Manejo específico, coherente con la naturaleza del proyecto y las características del área.

3.2 METODOLOGÍA GENERAL

Con base a la información presentada por Petroamazonas EP y la aprobación de los Términos de Referencia mediante Oficio N° MAE-SUIA-SCA-DNPCA-2019-00055 del 23 de septiembre de 2019, se generaron mapas preliminares sobre las condiciones geológicas, geomorfológicas, suelo, entre otros. La base topográfica a escala para la elaboración de estos mapas fue la del IGM. Se complementó y actualizó la información existente a través de la recopilación bibliográfica de diversas fuentes.

Se realizó trabajos de campo con el fin de comprobar y detallar la información existente y la cartografía preliminar. La base cartográfica fue sustentada con la información recopilada en



el sitio y su contexto, y con los aportes de los distintos especialistas, lo cual permitió elaborar el informe y los mapas definitivos, diferenciados temáticamente de acuerdo con los requerimientos del estudio.

La evaluación del componente biológico en el área de estudio se basó en el levantamiento de información básica que incluyó: trabajo de campo, laboratorio y ayuda de fuentes bibliográficas especializadas para cada grupo estudiado. Los grupos evaluados fueron flora y fauna que integra mamíferos, aves, anfibios y reptiles, peces, insectos y macroinvertebrados acuáticos.

La fase de gabinete de flora y fauna fue analizada con índices de diversidad y sus aspectos ecológicos más relevantes, estado de conservación y uso del recurso.

Así también, se procedió a la identificación de usos del suelo, la presencia y densidad de población y de estructuras de vivienda.

Como complemento se levantó encuestas y entrevistas a: pobladores, Dirigentes Comunitarios, Autoridades, Responsables de Establecimientos Educativos y de Salud.

El conjunto de actividades ha generado información detallada, especialmente en lo concerniente a los aspectos físicos, bióticos y socioeconómicos, de las áreas de influencia determinadas.

3.3 COMPONENTE FÍSICO

3.3.1 Metodología

Para el levantamiento de línea base para aspectos físicos se revisó información bibliográfica existente. Una vez analizada la información preliminar, se delimitó el área de influencia directa e indirecta del proyecto.

Con base en esta información se generaron mapas preliminares del área de interés sobre las condiciones geológicas, geomorfológicas, suelo, entre otros. La base topográfica a escala para la elaboración de estos mapas fue la del Instituto Geográfico Militar (IGM).

Del análisis de la información se determinaron los puntos de interés, donde se realizaron los trabajos de campo los cuales incluyeron recorridos por el sistema vías existente que se encuentran a lo largo del Tramo comprendido entre la abscisa 45+600 y la abscisa 98+500, de la red de oleoductos secundarios (RODA), el objetivo de éstos fue el de comprobar y detallar la información existente y la cartografía preliminar. La base cartográfica fue sustentada con la información recopilada en el sitio y su contexto con los aportes de los distintos especialistas, con lo cual se elaboró el informe y los mapas definitivos, diferenciados temáticamente de acuerdo con los requerimientos del estudio.

Finalmente, el conocimiento de las condiciones geológicas, geomorfológicas, litoestratigráficas, climáticas, hidrológicas, de calidad de agua, y suelo, en su conjunto, han permitido una adecuada relación e identificación de los riesgos naturales que pueden afectar al área.

3.3.1.1 Geología

Para el estudio geológico, se utilizó información secundaria de datos existentes y estudios geológicos actualizados en la región como:

- Baby & Rivadeneira, La Cuenca Oriente, Geología y Petróleo, 2004



- Dirección de Información de Recursos Naturales (DINAREN), Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG); Memorias técnicas de la cartografía e información social y de infraestructura comunitaria de la Provincia de Sucumbíos, 2000.
- Mapa Geológico de la Republica del Ecuador, editado por el Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INIGEMM 2017), escala 1:1'000.000.
- Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (SIGTIERRAS).

Partiendo de la información existente, se desarrolló en el campo la identificación de las unidades geológicas en los afloramientos de talud de vías, analizando la litología y estructuras de las formaciones geológicas presentes, también se realizó un reconocimiento de las áreas sensibles o susceptibles a erosión, inundación y movimientos en masa.

3.3.1.2 Geomorfología

Se recopiló información temática tanto bibliográfica como cartográfica, la misma que fue clasificada y analizada en campo, se realizó un reconocimiento general de las estructuras morfológicas de la zona, se evaluó en detalle todas las unidades del paisaje que conforman el área de estudio. Se examinó, clasificó y analizó información bibliográfica y cartográfica descrita en: Winckell Alain, los paisajes naturales del Ecuador. Quito (ECU), IPGH, 1997. Winckell, Alain, Relieve y geomorfología del Ecuador Quito (ECU), ORSTOM, 1982 y del Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (SIGTIERRAS).

Se realizó el análisis de imágenes obtenidas con fotogrametría digital mediante vuelos de UAVs (vehículos aéreos no tripulados), con el objetivo de tener una mejor apreciación de procesos acumulativos y denudativos, formas de relieve y tipos de suelo, se utilizó información de otros estudios realizados en la zona, además una evaluación a detalle de todas las unidades del paisaje que conforman el área de estudio, las mismas que se cartografiaron en el mapa geomorfológico respectivo.

3.3.1.3 Suelos

La caracterización de los suelos para el área de estudio se realizó mediante información recolectada en la campaña de campo y revisión bibliográfica. La caracterización de los suelos se hizo basándose en información disponible, estudios en la zona, mapa geomorfológico IIEG, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos S.U.C.S.

Los suelos se cartografiaron con base en la interpretación de las imágenes satelitales en combinación con la información de los Mapas Topográficos de la Región (Instituto Geográfico Militar (IGM, 1:50 000) y de la información geomorfológica.

El trabajo de campo realizado consistió en: la descripción del uso de suelo, caracterización taxonómica, caracterización física – mecánica, y la caracterización química de los suelos; esto en base a los datos y muestras levantadas en la campaña de campo. La ubicación de los lugares de muestreo se determinó por la interpretación de la geomorfología y lugares representativos de cada unidad morfológica y la ubicación del proyecto propuesto.

En los sitios de muestreo se tomaron datos morfológicos de los suelos relacionados a: litología, potencia, textura, color, estructura, granulometría, consistencia, dureza, porcentaje de raíces y características de los poros en base al perfil propuesto por Deer y Patton, 1971, para tener una idea inicial de la clase y comportamiento del material. Las muestras tomadas fueron codificadas y enviadas al laboratorio acreditado, para su respectivo análisis y clasificación.

Los suelos fueron clasificados en el campo, de acuerdo con el libro Soil Taxonomy y la descripción de los perfiles incluyó la identificación de los diferentes horizontes, los que también fueron definidos según los criterios presentados en el libro de taxonomía, Soil Taxonomy. Estos criterios incluyen: profundidad, color, textura, estructura, límites, láminas de arcilla, fragmentos gruesos y consistencia, se analizó la dureza del suelo, su estabilidad, la pendiente de la zona, el patrón de drenaje y la susceptibilidad a inundación.



La toma de muestras para la caracterización de los suelos se realizó en base a lo establecido en el Acuerdo Ministerial 097-A¹, Anexo 2, numeral 4.5.1.2; en el cual se estipula: “ Para los proyectos lineales (vialidad, sistemas de riego, conducciones de agua potable) se tomará una muestra de suelos por cada 5 km (...) ”

Bajo estos criterios y tomando en cuenta que la longitud del Oleoducto RODA es de 52.9 Km, se tomaron cinco (05) muestras a lo largo del Oleoducto, cada una con dos o tres horizontes, para la caracterización agrológica, las cuales fueron enviadas al Laboratorio LABANNCY² para el análisis de los parámetros respectivos. (Ver Anexo 3.3.2 Suelo / 3.2.2.1 Agrológico).

Adicionalmente, se tomaron once (11) muestras a lo largo del Oleoducto, los parámetros considerados para el análisis fueron los establecidos en Tabla No. 6 del Anexo 2 del RAOHE³; los resultados del muestreo realizado se compararon con los límites máximos permisibles establecidos en la Tabla 6 – RAOHE⁴ (uso agrícola); sin embargo, solamente la muestra MS-01 se comparó con ecosistemas sensibles por ser tomada en la Reserva de Producción de Fauna Cuyabeno.

3.3.1.4 Hidrogeología

Para el análisis de la sensibilidad hidrogeológica, se utilizó las descripciones de permeabilidad encontrados en la tabla de atributos de los polígonos correspondientes al mapa Hidrogeológico del Ecuador (MAGAP, 2005) obtenido en el Sistema Nacional de Información, como se muestra en la siguiente Tabla.

La Figura N° 3.3.5 muestra el tramo del Roda estudiado, en relación a las permeabilidades de las diferentes formaciones geológicas; la litología de las diferentes formaciones ha sido descrita en el apartado 3.3.2.1 Geología.

¹ Acuerdo Ministerial 097-A, Edición Especial, Registro Oficial N° 387 del 04 de noviembre de 2015.

² LABANNCY Cía. Ltda., Certificado de Acreditación N° SAE LEN 18-014. Ver Anexo 3.1.1 Acreditación ANNCY.

³ Decreto Ejecutivo N° 1215. Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador (RAOHE). Registro Oficial N° 265 del 13 de febrero de 2001; última modificación 29 de septiembre de 2010

⁴ Se realiza la comparación de los resultados de las muestras de suelo con Tabla 6 RAOHE, debido a que es la normativa aplicable para el sector hidrocarburífero, y, ya que se cuenta con normativa específica no se compara con el AM 097-A.



TABLA N° 3.3.1.- PERMEABILIDAD DE LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS EN LA ZONA DEL RODA

Formación	Litología	Permeabilidad
Curaray	Arcillas, lutitas tobáceas, yeso, areniscas finas	Baja
Chambira	Conglomerados, areniscas, lutitas	Media
Depósito Aluvial	Gravas, arenas y limos	Alta

Fuente: MAGAP, 2005

Posteriormente se realizó una intersección del trazado del RODA con los polígonos de permeabilidad obtenidos del MAGAP, para obtener las longitudes del oleoducto que atraviesan las distintas zonas hidrogeológicas y se realizó un cálculo del porcentaje de las longitudes que atraviesan por las distintas zonas de permeabilidad.

Los resultados del análisis de este ítem, se detallan en el numeral 3.3.2.3 Hidrogeología.

3.3.1.5 Clima

Las observaciones y mediciones meteorológicas se utilizaron para determinar el comportamiento espacial y estacional de las diferentes variables, además de determinar el clima de la zona de estudio.

Como metodología para la caracterización del clima del proyecto se consideraron los parámetros registrados en las estaciones meteorológica más próximas al área de estudio que corresponden a las estaciones Lago Agrio Aeropuerto y Coca Aeropuerto, que contienen información sobre variables climáticas de más de 35 años completos consecutivos, se consideraron los datos estadísticos medios, máximos, mínimos y sumas de las diferentes variables.

TABLA N° 3.3.2.- DATOS DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS ANALIZADAS

Estación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Periodo Registros	Código	Tipo	Institución
	WGS 84 UTM Zona 18 Sur Este (m)	Norte (m)					
Lago Agrio	958246	10010714	299	1981-2017	M- 61	AR	DAC
Coca Aeropuerto	952654	9949767	298	1981-2017	M052	AR	DAC

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2017
El Tipo y Código corresponde a la denominación de las estaciones por el INAMHI
AR: Aeronáutica

Para la estimación de la precipitación anual media en el área de interés y en las subcuencas de estudio, se utiliza información secundaria a nivel nacional, aplicando el método de las isoyetas de procece al cálculo en cada subcuenca con el fin de realizar posteriormente el cálculo de los caudales medios.

El análisis de intensidades máximas de precipitación considera la información de la Actualización del Estudio de Lluvias Intensas del INAMHI, 2015, juntamente con el análisis probabilístico a través de la aplicación de distribución de probabilidades a la serie de precipitaciones máximas de 24 horas de la estación referida, para caracterizar las lluvias intensas en el área.

Finalmente, se incluye un balance hídrico del área de interés aplicando la metodología establecida por Thornthwaite para determinar períodos de déficit y de exceso de agua, que se asocia con la generación de escorrentía superficial en los cauces de la zona de interés.

3.3.1.6 Calidad de Aire

De acuerdo con lo establecido en numeral 4.1.1.3 del AM 097-A, donde se menciona que: Las fuentes fijas significativas deberán demostrar cumplimiento de los límites máximos permitidos de emisión al aire, indicados en esta norma, según corresponda. (...)

Y debido a que en el área del proyecto se han identificado fuentes fijas de generación, se determina la necesidad de analizar la calidad del aire ambiente de la zona; para esto a continuación se detalla la metodología empleada para el ubicar los puntos de muestreo.

Para establecer la ubicación de los puntos de muestreo se tomaron en consideración los siguientes criterios:

- Ubicación del foco de emisión: a lo largo del área del proyecto, que corresponde al tramo del oleoducto, se identificó que la única fuente de emisión (generadores) se encuentra en la Estación de Transferencia Chiritza.
- La presencia de viviendas ocupadas o comunidades cercanas y que se encuentren dentro del área de influencia del foco de emisión: dentro del área de influencia del

foco emisor se encuentra Centro Poblado Chiritza, por lo que se ubica un punto de muestreo en este Poblado.

- Accesos vehiculares existentes y tipo de vía.
- Radio de cobertura del equipo considerando que se establece un rango de 0,5 a 4 Km.

Se contrató los servicios del Laboratorio VGM&S Cía. Ltda., para la ejecución del muestreo de calidad de aire ambiente, en donde se definieron tres (03) puntos de muestreo; la campaña de campo se llevó a cabo del 16 al 19 de diciembre de 2019 (Ver Anexo 3.2.3.1 Reporte N° TEC-CAA-20-002), adicionalmente, por solicitud de la Autoridad Ambiental se ejecuta un (01) nuevo punto de muestreo junto a la Estación de Transferencia Chiritza.

La campaña de campo se llevó a cabo el 14 y 15 de noviembre del 2022, se tomó un nuevo muestreo en el poblado Chiritza, realizado por el laboratorio Gruentec Cía. Ltda., con Certificado de Acreditación N° SAE LEN 05-008 del Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE); para la ejecución del muestreo de calidad de aire ambiente externo en las áreas de incidencia directa e indirecta. (Ver Anexo 3.1.5. Acreditación Gruentec).

Los muestreos se realizaron de forma continua bajo los parámetros de criterio establecidos en el numeral 4.1.1.1 del Anexo 4 del Acuerdo Ministerial 097-A.

TABLA N° 3.3.3.- LÍMITES PERMISIBLES PARA CALIDAD DEL AIRE

Parámetro	Unidad	Concentración Máxima
TSP (partículas Sedimentables)	mg/cm ²	1 (30 días)
PM ₁₀	µg/m ³	50 (1 anual) 100 (24 horas)
PM _{2,5}	µg/m ³	15 (1 anual) 50 (24 horas)
CO	µg/m ³	10 000 (8 horas) 30 000 (1 año)
SO ₂	µg/m ³	60 (1 anual) 125 (24 horas)
NO ₂	µg/m ³	40 (1 año) 200 (1 hora)
O ₃	µg/m ³	100 (8 horas)

Fuente: Numeral 4.1.2, Anexo 4 del Acuerdo Ministerial N° 097-A, 2015



Para cada monitoreo de 24 horas se tomó lecturas cada 30 segundos y éstas se integraron cada 24 minutos. El monitoreo ambiental tiene métodos de medida y límites diferentes a los tomados en cuenta para la seguridad ocupacional.

El muestreo se realizó siguiendo los lineamientos de medición de calidad aire ambiental del CEPIS OMS⁵. Los equipos usados fueron de tipo activo (sensores de gases y material particulado PM₁₀, PM_{2,5}) y pasivo (medición de material particulado PM₁₀ y particulado sedimentable). Los parámetros determinados en el sitio fueron: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), ozono (O₃), material particulado menor a 10 micrones (PM₁₀) y menor a 2,5 micrones (PM_{2,5}) y particulado sedimentable (TSP).

El tiempo de medición para el monitoreo de calidad del aire ambiente se realizó, en función del tipo de parámetro, horario para NO₂, 8 horas para O₃ y CO, 24 horas para PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂ y TSP 30 días.

Material Particulado

El monitoreo de material particulado PM₁₀ y PM_{2,5} se ejecutó con equipos calibrados y con su certificado en vigencia. La medición se ejecutó de acuerdo con los requisitos del procedimiento “Medición de Material Particulado”, el mismo que tiene como referencia: EPA, CFR-50- Apéndice J. Rev-01-07-2004. PM₁₀ y CFR-50- Apéndice L. Rev-01-07-2004. PM_{2,5}

Gases criterio (CO, NO₂, SO₂ y O₃)

El monitoreo de gases se ejecutó con equipos calibrados y con su certificado en vigencia. La prueba se ejecutó de acuerdo con los requisitos del procedimiento “Medición de Gases Criterio”, el cual tiene como referencia; EPA, Métodos RFCA-0206-147. 2010 (CO), EQSA-0802-149. 2010 (SO₂), RFNA-0202-146. 2010 (NO₂), EQOA -0206-148. 2010 (O₃).

⁵ ECO/OPS, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Manual de Monitoreo Atmosférico, CEPIS, 1998.

Material Particulado Sedimentable

El Muestreo de Material Particulado Sedimentable se ejecutó con equipos normalizados y un adsorbente (filtro). La prueba se ejecutó de acuerdo con los requisitos del procedimiento EPA, Método CFR-50- Apéndice B. Rev-01-07-2004.

3.3.1.7 Nivel de Presión Sonora

Se establecieron tres puntos de muestreo, los que fueron escogidos tomando en cuenta las posibles fuentes emisoras de ruido y los puntos críticos de afectación, es decir los sitios o lugares cercanos a la Fuente fija de ruido (FFR), siendo en este caso la única posible FFR la Estación de Transferencia Chiritza y el punto crítico de afectación el Centro Poblado Chiritza. Cabe aclarar que al momento de la ejecución del presente proyecto la Estación no se encontraba operativa, sin embargo se muestreó el futuro foco emisor.

Adicionalmente y tomando en cuenta que el tramo del Oleoducto RODA comprendido entre las abscisas 45+600 y 98+500 no cuenta con datos de línea base, se tomó puntos de muestreo adicionales a lo largo del tramo del oleoducto.

Se contrató los servicios de VGM&S Cía. Ltda.⁶, para que ejecute el muestreo y análisis de ruido en tres (03) puntos (Inmisión) en horario diurno y nocturno, ubicado en las áreas de potencial incidencia directa e indirecta. La campaña de campo se realizó del 17 al 19 de diciembre de 2019.

El muestreo de ruido ambiental se hizo siguiendo los lineamientos del Anexo 5, Acuerdo Ministerial 097-A, el equipo usado es de tipo sonómetro integrador con selector de una y tres octavas, y con indicador de frecuencia. Los puntos receptores para ruido externo fueron determinados en el sitio a través de la aplicación de una malla.

Los resultados fueron comparados con los límites permisibles establecidos en el Anexo 5, Tabla 1 del acápite 4.1 del A.M. 097A, de acuerdo a los usos del suelo del sector.

⁶ Laboratorio VGM&S Cía. Ltda. Certificado de Acreditación OAE LE 2C 07-002. Ver Anexos / Anexo 3 Capítulo 3 / 3.1 Acreditación Laboratorios / 3.1.2 Acreditación VGM

**TABLA N° 3.3.4.- NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO (LKEQ) PARA FUENTES FIJAS DE RUIDO**

Tipo de Zona Según Uso de Suelo	Nivel de Presión Sonora Equivalente [Lkeq (Db)]	
	Periodo Diurno	Periodo Nocturno
	De 07h01 a 21h00	De 21h01 a 07h00
Residencial (R1)	55	45
Equipamiento de Servicios Sociales (EQ1)	55	45
Equipamiento de Servicios Sociales (EQ2)	60	50
Comercial (CM)	60	50
Agrícola Residencial (AR)	65	45
Industrial (ID1/ID2)	65	55
Industrial (ID3/ID4)	70	65
Uso Múltiple	Cuando existan usos de suelo múltiple o combinados se utilizará el LKeq más bajo de cualquiera de los usos de suelo que componen la combinación. Ejemplo: Uso de suelo: Residencial + ID2 LKeq para este caso = Diurno 55 dB y Nocturno 45dB.	
Protección Ecológica (PE) Recursos Naturales (RN)	La determinación del LKeq para estos casos se lo llevara a cabo de acuerdo al procedimiento descrito en el Anexo 4.	

Fuente: Tabla 1 del Anexo 5, Acuerdo Ministerial N° 097 A, 2015.

Las mediciones del ruido en exteriores se realizaron en respuesta lenta, con el filtro de ponderación A y con tiempo de integración de 0,5 minutos. El tiempo de medición fue de 5 minutos por punto, 2,5 minutos en horario diurno, y 2,5 en horario nocturno, el mismo que es estadísticamente representativo durante la jornada de trabajo; las mediciones para la caracterización del foco emisor de ruido son: la cantidad de registros colectados se refiere a una base de tiempo y distancia; la distancia por punto de medición es de tres, siete y diez metros por foco emisor de ruido considerado, para el presente proyecto se consideraron como fuentes emisoras de ruido: animales, tránsito vehicular y viviendas cercanas. Además, se tomó una lectura en el sitio donde se construirá la infraestructura. Los valores obtenidos fueron: Nivel de presión Sonora Equivalente (LAeqT), Baja Frec (LceqT), impulsivo (Lieqi) y Tonal (Lkt).

La medición de ruido residual se realizó de acuerdo con lo establecido en el procedimiento de emisión/inmisión acústica de VGM&S Cía. Ltda.; el cual tiene como referencia a lo indicado en la norma ISO 1996-2.

3.3.1.8 Hidrología

La caracterización hidrológica para el presente estudio incluye la definición de las subcuencas y áreas de drenaje que atraviesan el área de interés, y la determinación de caudales medios, mínimos y máximos.

Para la caracterización hidrológica se desarrolló el trabajo en tres fases:

- **Trabajo Preliminar – Recopilación y análisis de información:** En donde se revisó y analizó la información hidrométrica e hidrológica disponible. Se hizo una delimitación de las cuencas hidrográficas con base en la cartografía 1:50.000 y 1:25.000, para la determinación de sitios de interés hidrológico para la realización de mediciones en campo.
- **Trabajo de Campo – medición de caudales:** Se efectuaron trabajos de campo para el reconocimiento del área de estudio, identificación de los principales drenajes que cruzan con la RODA, y la ejecución de aforos líquidos para determinación del caudal en los cauces de interés, entre otras características hidrológicas de interés.
- **Trabajo final – caracterización hidrológica:** En esta fase se integró toda la información recopilada y analizada, para la conformación del informe correspondiente.

➤ **Recopilación de Información**

La información recopilada y considerada en el componente hidrológico se detalla a continuación:

a. Información cartográfica Base

- Cartas topográficas a escala 1:50.000, en formato digital, que fue obtenida del Instituto Geográfico Militar (IGM), 2011, en el sistema de referencia Universal Transversal de Mercator (UTM) Datum WGS84 17S.



- Información hidrográfica a escala 1:25.000, en formato digital, que fue obtenida del Instituto Geográfico Militar (IGM), 2017, en el sistema de referencia Universal Transversal de Mercator (UTM) Datum WGS84 17S.
- Modelo de Elevación Digital, de la unidad MAGAP-PRAT, Proyecto SIGTIERRAS 50x50m.
- Modelo de Elevación Digital, CGSIN – Proyecto SIGTIERRAS, cantón Cuyabeno, 5x5 m
- Modelo de Elevación Digital (DEM), NASA-JAXA, ALOS PALSAR, 2012, resolución 12x12m.

b. Información cartográfica Temática

- Oleoducto secundario RODA, tramo entra la abscisa 45+600 y la abscisa 98+500, Petroamazonas EP, 2019.
- Subcuencas hidrográficas. - Sobre la base de la cartografía de información básica de curvas de nivel y red hidrográfica, y el tramo del oleoducto de interés se definieron las subcuencas hidrográficas que intersecan el oleoducto.
- Geopedología. -Corresponde a la información de Taxonomía de Suelos, texturas, pendientes, formaciones. Generada por IEE, MAGAP, CGSIN, 2017. Escala 1:25.000.
- Sistemas Productivos. - Corresponde a la información de Mapa de Cobertura y Uso del suelo, Generada por IEE, MAGAP, CGSIN, 2017. Escala 1:25.000.
- Estaciones hidrometeorológicas. - En base a la información de los anuarios meteorológicos e hidrológicos del INAMHI, 2015, se ha conformado una base de datos de la ubicación de estaciones en el área del proyecto.
- Isoyetas. - Corresponde a la información de Isoyetas a nivel Nacional, Escala 1:250.000, Año 2002, generada por Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca – MAGAP y el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI.
- Áreas susceptibles a inundaciones. – Áreas susceptibles a inundaciones temporales y permanentes, generada por el Instituto Espacial Ecuatoriano IEE, 2017. Escala 1:50.000.



Para el análisis e integración de la información cartográfica se ha considerado el sistema de coordenadas UTM WGS84 18S.

c. Información hidrometeorológica

- Anuarios Hidrológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2013)

➤ **Levantamiento de Información de Campo**

Se realizó el levantamiento de información en campo, con el propósito de obtener la siguiente información:

- Ubicación de sitios de interés hidrológico, sistema de coordenadas UTM WGS84, ZONA 18S;
- Reconocimiento de las condiciones físicas y de drenaje de las subcuencas.
- Realización de aforos líquidos en secciones de interés, para obtención de información hidrológica en varias subcuencas a lo largo del oleoducto.
- Levantamiento de la sección transversal de los cauces de interés.
- El método de aforo en los sitios considerados de interés corresponde al de velocidad-área.

Durante la fase de campo se realizaron mediciones en 19 sitios. La campaña de aforos líquidos se realizó entre los días 15 al 21 de diciembre de 2019.

➤ **Caracterización Hidrológica**

Se realizaron las actividades detalladas a continuación:

- Recopilación, y análisis de la información hidrometeorológica existente para la zona del Proyecto;
- Definición de sitios de interés hidrológico;
- Analizar la red hidrográfica existente y las condiciones de drenaje;



- Definir las características físicas de las subcuencas hidrográficas de interés;
- Estimación de la precipitación anual media en el área de interés;
- Conformación de la base de datos hidrológicos y análisis de datos medidos;
- Análisis de caudales medios, mínimos y máximos en las subcuencas hidrográficas de interés.
- Determinación de los niveles de crecida en las secciones de interés y áreas de inundación

La definición y la forma de cálculo de las características morfométricas principales de los cauces y las subcuencas fue:

Área: *Es el área plana en proyección horizontal, incluida entre la divisoria de aguas que determina una cuenca hidrológica. Se encuentra medida en km².*

Perímetro: *Es la longitud de la línea que limita el área de cada cuenca hidrológica en km.*

Longitud del Cauce Principal: *Debe medirse desde el nacimiento del cauce hasta la salida de la cuenca, está dado en km.*

Longitud Axial: *Es la longitud del eje mayor de la cuenca hidrológica, en km.*

Ancho Promedio: *Se obtiene al dividir el área entre la longitud axial de la cuenca, está dado en km.*

Coefficiente de Forma: *Expresa la relación de ocurrencia de crecientes en cuencas hidrográficas de tamaño similar, es adimensional. Viene definido por la siguiente relación⁷:*

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

Donde:

⁷ Hidrología en la Ingeniería de German Monsalve Sáenz, segunda edición, paginas 37-55

$K_f =$ Coeficiente de forma

$A =$ Área de la cuenca (km^2)

$L =$ Longitud axial de la cuenca (km)

Una subcuenca con un factor de forma bajo presenta crecidas de menor importancia, que una subcuenca de la misma área y factor de forma mayor.

Coefficiente de Compacidad: Indica cuan susceptible a una creciente es una cuenca en función de su perímetro y su área, es adimensional. Se calcula a partir de la siguiente relación:

$$K_c = 0,28 \frac{P}{(A)^{1/2}}$$

Donde:

$K_c =$ Coeficiente de compacidad

$A =$ Área de la cuenca (km^2)

$P =$ Perímetro de la cuenca (km)

Una cuenca circular tendrá un coeficiente de compacidad cercano a uno. Subcuencas circulares son propensas a generar crecidas importantes, mientras cuencas ovaladas con la misma área presentarán crecidas de menor magnitud.

Densidad de Drenaje: Expresa la relación entre la longitud total de los cauces de la cuenca respecto al área de la misma, viene dado en (km / km^2):

$$D_d = \frac{\sum L}{A}$$

Donde:

$D_d =$ Densidad de Drenaje (km / km^2)

$\sum L =$ Sumatoria de longitudes de drenaje (km)

$A =$ Área (km^2)

Pendiente promedio de la Cuenca: La pendiente de la cuenca se calculó utilizando la siguiente expresión:

$$S_c = \frac{\Delta CN * \sum CN}{A}$$

Donde:

Sc = Pendiente promedio de la cuenca (km /km)

ΔCN = Intervalo entre curvas de nivel (0,02 km)

$\sum CN$ = Suma total de longitud de curvas de nivel en el área considerada

A = Área de la cuenca (km²).

Pendiente media del cauce principal: Relación entre la altura total del cauce (cota máxima menos cota mínima) y la longitud del mismo.

$$Sm = \frac{H \text{ max} - H \text{ min}}{Lp}$$

Donde:

Sm = Pendiente media

Hmax = Altura máxima

Hmin = Altura mínima

Lp = Longitud del cauce principal

Altura Media: La altura media de una cuenca puede establecerse a partir de los resultados obtenidos en una curva hipsométrica, usando la siguiente expresión:

$$E = \frac{\sum (Cota \text{ Media Intervalo}_i * Area_i)}{\sum Area_i}$$

Donde:

E = Altura media de la cuenca (msnm)

Cota Media = Cota media entre dos curvas de nivel consecutivas (msnm)

Áreas = Área comprendida entre dos curvas de nivel consecutivas



Número de Orden: Expresa el estado de ramificación de los cauces en una cuenca hidrográfica. Mientras más alto es el número de orden en un punto determinado, un mejor drenaje tiene la cuenca en ese punto.

Las subcuencas con un número de orden superior se encuentran bien drenadas.

Pendiente media ponderada del cauce principal: Pendiente para la cual, el área bajo y sobre el perfil longitudinal del cauce y la pendiente ponderada son iguales.

Para el efecto se determina el perfil longitudinal de los cauces principales en cada subcuenca de interés.

Tiempo de Concentración: Se define como el tiempo mínimo necesario para que la gota de lluvia caída en el punto más lejano de la subcuenca alcance el punto de salida o desagüe de la subcuenca.

Existen varias ecuaciones empíricas utilizadas en la práctica ingenieril local y regional. Sin embargo, la relación de mayor aceptación a nivel nacional y la que se ha utilizado en este trabajo constituye la ecuación de Kirpich:

$$T_c = 0,0195 \frac{L^{0,77}}{\left(\frac{H}{L}\right)^{0,385}}$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración, (minutos)

L = Longitud del cauce principal, (m)

H = Diferencia de cotas obtenida para el cálculo de la pendiente ponderada, (m).

➤ Caudales medios y mínimos

Para la estimación de caudales medios o máximos en una subcuenca de interés es necesario disponer de datos históricos. En general, la estimación de los caudales en una cuenca sin información es uno de los problemas de la Hidrología aplicada a la ingeniería. La regionalización de caudales es una técnica utilizada para suplir la falta de información hidrológica en lugares con poca disponibilidad de datos (Rao & Srinivas, 2006). La



regionalización tiene como propósito facilitar la transferencia de información hidrológica a cuencas sin registro, en las cuales se requiere definir parámetros hidrológicos y que pertenecen a una misma región hidrológica.

El cálculo de los caudales medios en las subcuencas que concurren con el RODA se realizó mediante la transferencia de caudales considerando un comportamiento hidrológico homogéneo entre una estación base y las subcuencas de interés.

De acuerdo con la Autoridad Nacional del Agua del Perú (ANA, 2010), la técnica de transferencia de información se realiza empleando parámetros adimensionales que contengan las variables a transferir. En general la transferencia de caudales es un método que consiste en relacionar el área, caudal y la precipitación.

Aplicando los parámetros adimensionales a una subcuenca con información conocida y a la subcuenca sin información, se aplican relaciones como la que se incluye a continuación:

$$\frac{Q_C}{A_C P_C} = \frac{Q_S}{A_S P_S}$$

En la cuenca sin información casi nunca se conoce las escorrentías, pero sí se conoce el área y la precipitación, entonces la ecuación es la siguiente:

$$Q_S = Q_C \left(\frac{A_S}{A_C} \right) \times \left(\frac{P_S}{P_C} \right)$$

Donde:

QS = Caudal de la cuenca sin información (m³/s).

QC = Caudal de la cuenca con información (m³/s).

AS = Área de la cuenca sin información (km²).

AC = Área de la cuenca con información (km²).

PS = Precipitación de la cuenca sin información (mm)

PC = Precipitación de la cuenca sin información (mm)

Por tanto, el caudal en una cuenca sin información se considera proporcional a la relación de las áreas de drenaje y de la precipitación de las subcuencas, lo que se conoce como proporcionalidad hidrológica.

➤ **Cálculo de CDG y CVE**

Las curvas de duración general y las curvas de variación estacional permiten el análisis de los caudales mínimos.

El procedimiento para la elaboración de Curvas de Duración General (CDG) y Curvas de Variación Estacional (CVE), como metodología para evaluar los caudales medios y los caudales mínimos de las subcuencas, si se dispone de suficiente información, es detallado a continuación.

Se debe disponer de registros de caudales medios diarios o mensuales, de un periodo representativo de al menos de 10 años.

➤ **Curva de Duración General (CDG)**

Esta curva, llamada también curva de permanencia o persistencia de caudales, puede ser definida con caudales diarios, mensuales y anuales. Consiste en la representación gráfica en orden decreciente de los caudales observados (Q_i), asociados a una frecuencia o duración que suele expresarse en porcentaje.

La duración representa el intervalo de tiempo durante el cual los caudales (Q_i) son iguales o superiores a un valor específico Q_j . En la curva de duración general (CDG), constan los caudales con su correspondiente probabilidad de ser igualados o excedidos.

Así, por ejemplo: $Q_{90\%}$ es un caudal que es igualado o excedido el 90% de las veces; es decir, el 90% de los caudales de la serie igualan o exceden al $Q_{90\%}$.

Para construir la CDG, la serie de caudales medios mensuales o diarios se ordena de forma descendente los valores (de mayor a menor) y se calcula la probabilidad empírica de cada valor considerando la siguiente relación empírica:

$$\text{Weibull Probabilidad \%} = m/(n+1) * 100$$

m – orden de datos

n – número total de datos

Finalmente, se obtiene la Curva de Duración General, ubicando en el eje de las abscisas las probabilidades de ocurrencia y en las ordenadas los caudales medios ordenados.

➤ **Curva de Variación Estacional (CVE)**

La curva de variación estacional indica la probabilidad de que los caudales medios mensuales puedan ser excedidos o superados, en cada mes.

Para la elaboración de la curva de variación estacional CVE es necesario disponer series de caudales medios mensuales.

Para la construcción de la Curva de Variación Estacional se ubicarán los datos de los caudales medios mensuales desde el mes de enero hasta diciembre de cada uno de los años del período de datos disponible. Y se obtendrán las características estadísticas para el vector de caudales de cada mes: (caudal medio), S (desviación estándar), Cv (coeficiente de variación) y Cs (Coeficiente de asimetría).

Se ajustan los valores a cada mes a una distribución de probabilidades, Normal, Log Normal, Gumbel, Pearson, etc. Si se aplica el método analítico se utiliza la ecuación para estimar el caudal con probabilidad:

$$Q_p = Q_{med} + K_T * S$$

En donde:

Q_p = caudales mensuales con probabilidad de ser, igualados o excedidos, (m³/s);

Q_{med} = Caudal medio del mes en consideración

K_T = factor de frecuencia (Tablas para cada distribución)

S = desviación estándar

Cuando, $(-0,5 \leq C_s \leq 0,5)$, se recomienda aplicar la función de densidad de probabilidades Normal.



Cuando C_{sy} ($-0,5 \leq C_s \leq 0,5$) para la función Log Normal, en donde $Y = \ln Q$, se aplica una distribución Log Normal.

Cuando C_s tienda a 1,14, se suele utilizar la distribución Gumbel.

Para otros valores de C_s se puede aplicar una distribución Pearson tipo III.

➤ **Caudales máximos**

Se aplica la metodología de hidrogramas unitarios sintéticos, en subcuencas que no tienen información, y que tienen un área de drenaje mayor a 5km^2 . Para subcuencas con un área de drenaje menor a 5 km^2 se utiliza el método racional.

De acuerdo con Monsalve, 1999, el procedimiento de hidrogramas unitarios tiene utilidad cuando no se hallan a mano datos de caudales máximos en la subcuenca de interés.

Mediante el concepto del tiempo de concentración se determina la tormenta crítica para el cálculo de los caudales máximos.

Adicionalmente, la precipitación efectiva del evento de tormenta se determina mediante el método del SCS (Soil Conservation Service).

Finalmente, se estima el caudal máximo con periodo de retorno aplicando el hidrograma unitario sintético del SCS, en función de la lluvia efectiva y la duración de la tormenta.

➤ **Calidad de Aguas**

Con el fin de caracterizar la calidad del agua de los esteros y ríos del área de influencia directa e indirecta del proyecto, se tomaron 19 muestras de agua, durante el trabajo de campo realizado del 19 al 20 de diciembre de 2019, fueron enviadas a Quito por transporte terrestre el día 20 de diciembre del 2019, e ingresaron el 23 de diciembre al Laboratorio ANNCY (Ver Anexo 3.3.1).



Con el fin de conocer la calidad, estado actual y uso del recurso agua, el muestreo de aguas fue realizado en función a las observaciones de campo, tomándose las muestras en los cauces representativos de cada microcuenca que interseca con el oleoducto RODA, en algunos casos debido a la extensión de la cuenta se tomó más de una muestra. Ver Anexo Cartográfico / Mapa 15_MAPA_MUESTREO_AGUA.

Durante la campaña de campo realizada para el levantamiento de línea base del presente proyecto, no se observó descargas de efluentes industriales a los cuerpos hídricos de la zona de estudio en general; por lo que se tomaron muestras en 15 cuerpos de agua superficial, cercanos a las instalaciones del proyecto, además se establecieron los principales usos que los pobladores dan a los cuerpos de agua (doméstico, abastecimiento de agua, preservación de flora y fauna, recreación, pesca, transporte).

La toma de muestras para análisis de parámetros físicos y químicos se realizó de acuerdo con lo establecido en la Norma NTE INEN 2169:2013.

Los recipientes (frascos de vidrio color ámbar y plástico) fueron entregados por Laboratorio LABANNCY, los cuales estuvieron lavados y con el preservante de acuerdo con el parámetro a ser analizado.

Toma de datos in situ

En el sitio de muestreo se tomaron los siguientes datos: coordenadas, altitud, nombre de muestra, técnico que realizó la toma de muestra, observaciones o hallazgos, el sitio de muestreo, tipo de análisis a realizarse, fecha y hora de muestreo. Estos datos se reflejan en la correspondiente cadena de custodia y en la etiqueta de cada frasco. Ver Anexo 3.3.1 Agua.

Llenado del recipiente: El frasco fue sumergido totalmente en el cuerpo hídrico, una vez llenos completamente se tapó el frasco, de tal forma que no se permitió la introducción de aire en la muestra.

Refrigeración de la muestra: Una vez tomada la muestra, se colocaron en el cooler para su posterior transporte y adicionalmente se llenó con refrigerantes (hielo), para mantener la muestra hasta su traslado y llegada a la ciudad de Quito.



Rotulado: Cada frasco de muestra tiene una etiqueta en la cual se realizó la marcación de manera clara y permanente.

Transporte de muestras: El transporte de muestras se realizó en cooler térmico sellado y se envió por vía terrestre hasta Quito, una vez en la ciudad, se trasladó al laboratorio para su correspondiente análisis.

El análisis realizado a las muestras de agua fue en base a los parámetros establecidos en el RAOHE 1215 (Anexo 3, Tabla 9: “Parámetros a determinarse en la caracterización de aguas superficiales en Estudios de Línea Base – Diagnóstico Ambiental”). Los resultados obtenidos, se compararon con la Tabla 2, Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A, Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios del RAOHE.

➤ **Fenómenos Naturales**

El análisis de los fenómenos naturales como sismicidad, volcanismo y fenómenos de remoción en masa se basó en información secundaria presentada en los mapas de peligros volcánicos (en especial del Reventador), Informe Sísmico para el Ecuador, elaborado por el Instituto Geofísico para el año 2013 y el Mapa y memoria de Fallas y Pliegues Cuaternarias de Ecuador y Regiones Oceánicas Adyacentes (Eguez, 2003).

3.3.2 Resultados

3.3.2.1 Geología

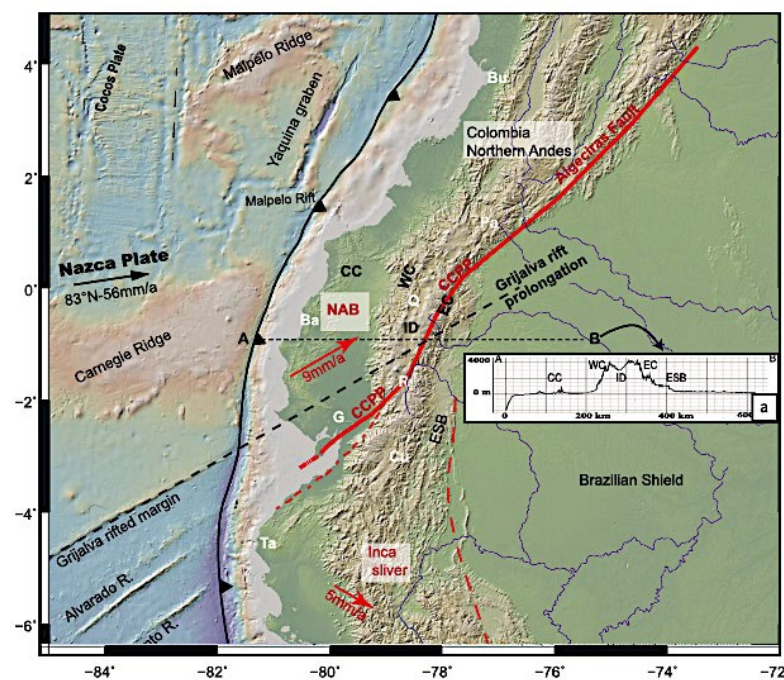
➤ **Marco Dinámico**

La subducción de la placa de Nazca desde el Mioceno temprano (dirección de convergencia N83; 56mm/yr en latitudes ecuatoriales (Kendrick et al., 2003) es el más obvio y el mayor proceso geodinámico que se lleva a cabo en el noroeste de Sudamérica. Antes de estabilizarse durante el mioceno tardío cuando los centros de expansión de la Cuenca de Panamá se extinguieron, ejes de expansión activa, rifts, fallas transformantes y grabens a lo

largo de crestas de cordilleras submarinas poblaron la cuenca como se puede observar en la Figura N° 3.3.1.

Actualmente, la subducción de dos rasgos topográficos mayores complica el hundimiento de la placa Nazca debajo del continente. a) La Cordillera Carnegie, una cordillera submarina asísmica de ~200 km de ancho y 2000m de altitud. b. El escalón de aproximadamente 500m al norte de la cordillera Grijalva, relacionado al contraste de densidades entre la más joven corteza Nazca al norte y la más antigua corteza Farallón al sur (Figura N° 3.3.1.). El contraste de densidades se relaciona a una diferencia superior a 9ma en la edad de la corteza oceánica, resultado de la última fisión de la Placa Farallón que progresivamente resultó en las Placas Nazca y Cocos al inicio del Mioceno (Hey, 1977; Lonsdale and Klitgord, 1978; Lonsdale, 2005 en Yepes et al., 2016).

FIGURA N° 3.3.1.- CONTEXTO GEODINÁMICO DEL ECUADOR Y PAÍSES VECINOS



Fuente: Yepes et al., 2016

La ubicación aproximada de las ciudades principales ha sido resaltada con letras blancas: Bu: Buenaventura; Pa: Pasto; Q= Quito; R = Riobamba; B = Bahía; G = Guayaquil; Cu = Cuenca; Ta = Talara. a) Perfil topográfico A-B mostrando el relieve a través de los Andes centrales ecuatorianos CC= Cordillera costanera; WC= Cordillera occidental; ID=



Depresión Interandina; EC= Cordillera Oriental; ESB= Cinturón subandino oriental; AB= Cuenca Oriente. Fuente: Yepes et al., 2016.

Yepes et al., (2016) expone que el margen Grijalva es la evidencia remanente del rifting de la litósfera Farallón. Al sur, Alvarado y Sarmiento son cordilleras fósiles de 2 km de altitud generadas por erupciones fisurales (Lonsdale, 2005), estas no presentan rasgos de rifting por lo tanto no muestran contrastes de densidades. La Cordillera Carnegie y el Margen Grijalva entraron en la zona de subducción, desde al menos 3-6 Ma, y se piensa que penetraron de 300-500 km debajo del continente (Gutscher et al., 1999; Lonsdale, 2005; Michaud et al., 2009). Esto implica que dos placas de diferentes densidades están en contacto debajo de los Andes ecuatorianos; la corteza oceánica situada al norte incluye la Cordillera Carnegie, presenta densidad más baja, flotante y de un espesor adelgazado. Al norte de la Cordillera Carnegie una clara característica batimétrica corresponde al graben Yaquina: una falla transformante abandonada (Lonsdale, 2005) o zona de fractura (MacMillan et al., 2004).

➤ **Marco Geológico Regional**

La Cuenca Oriente

La zona de estudio se encuentra emplazada dentro de la Cuenca Oriente considerada como una cuenca de antepaís, situada al este de la Cordillera Real. Forma parte del conjunto de cuencas sedimentarias (conocidas también como cuencas subandinas) que se extienden desde Venezuela hasta el sur de Argentina (Marksteiner y Alemán, 1997). Al igual que la mayoría de las cuencas subandinas; la posición de la cuenca Oriente, como cuenca de antepaís del levantamiento Andino representa el último episodio en su evolución geodinámica más reciente, iniciado a finales del Cretácico.

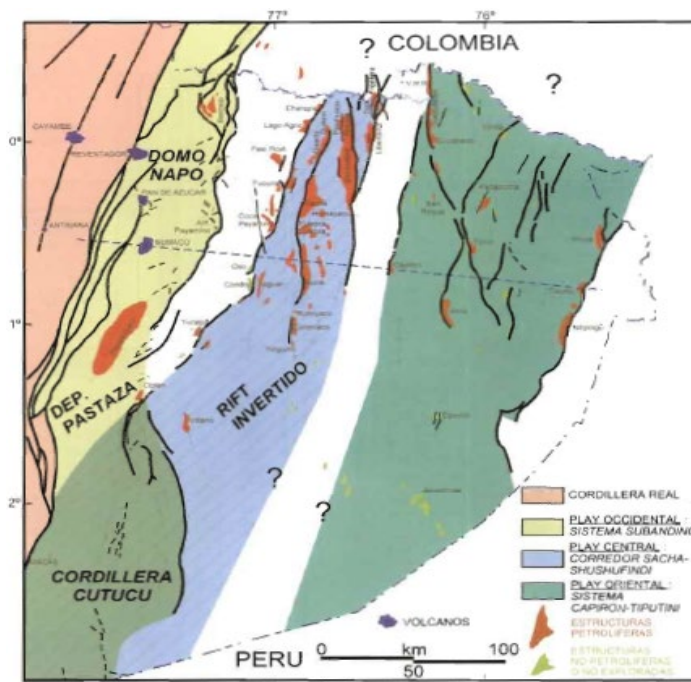
En el caso de la cuenca Oriente, las rocas sedimentarias más antiguas indican que su historia se inicia en el Paleozoico con la depositación de los primeros sedimentos en una plataforma marina somera (Tschopp, 1953), en un contexto geodinámico muy diferente del actual. Algunos de los principales rasgos estructurales y sedimentarios que caracterizarán la historia posterior de la cuenca se producen desde el Triásico hasta el Jurásico (Räsänen et al., 1992; Bès De Berc et al., 2005). Durante el Cretácico se produce una trasgresión marina que transformó la cuenca Oriente en una cuenca marina somera. El levantamiento de la cordillera

Andina, iniciado a finales del Cretácico, transformó esta cuenca marina en una cuenca de antepaís. La sedimentación desde finales del Cretácico hasta la actualidad es predominantemente de tipo continental, aunque existe una importante inundación marina durante el Oligoceno inferior (P. Baby & Dalrymple, R., 1992).

Marco Estructural Regional

Rivadeneira y Baby (1999) dividen la cuenca Oriente en tres grandes dominios estructurales, separados por sistemas de fallas de basamento orientadas NNE-SSW. Esos dominios tectónicos se diferencian por sus características geométricas y cinemáticas relacionadas a una dinámica Pre-Cretácica propia. La existencia de estructuras en flor positivas (Harding, 1985 en Baby et al., 1998) y de pliegues orientados NNW-SSE indica que los dominios estructurales se formaron en un régimen transpresivo dextral (Rivadeneira y Baby, 1999). Estas estructuras funcionaron desde el Pre-Cretácico en extensión, posiblemente asociadas a la apertura del Atlántico (Jaillard, 1997) y fueron reactivadas e invertidas a partir del Turoniano (Baby et al., 1998).

FIGURA N° 3.3.2.- MAPA ESTRUCTURAL DE LA CUENCA ORIENTE CON SUS TRES CORREDORES ESTRUCTURALES – PETROLÍFEROS



Fuente: Baby P., et. al., 2004

Tectónica Regional

Entre el Jurásico Medio y el Cretácico Temprano se desarrollaron dos subcuencas con estilos tectónicos distintos. La primera identificada como Corredor Sacha –Shushufindi controlada por fallas normales de gran profundidad, asociadas a un “rift” Triásico-Jurásico Inferior y la segunda conocida como sistema Capirón-Tiputini, provocada por fallas normales lítricas conectadas, sobre un nivel de despegue horizontal ubicado en el basamento (Díaz, et al, 2004).

Durante el Cretácico se depositaron las formaciones Hollín, Napo y Tena Basal, en un ambiente que fluctuó entre plataforma marina somera, fluviales continentales y de estuario; en esta secuencia se evidenciaron cinco ciclos sedimentarios (Baby, 2004).

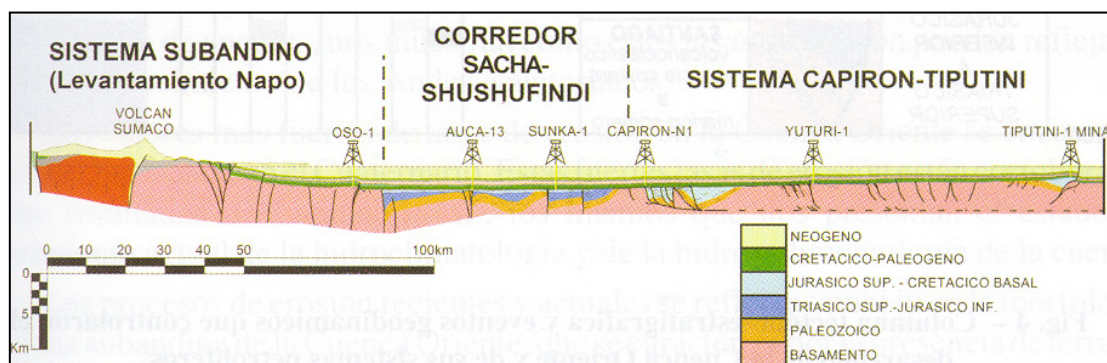
La Cuenca Oriente estuvo afectada por fallas normales provocadas por un Rift Permo-Triásico que continuo hasta el Jurásico, desarrollándose una cuenca extensiva hasta la deposición de Napo Inferior. Estas fallas normales se reactivaron en el Jurásico, al establecerse una zona de subducción en la margen occidental sudamericana. A finales del Jurásico e inicios del Cretácico, ocurrió una tectónica transpresiva que origino una cuenca de tras arco, asociada a movimientos trascurrentes (Jaillard, 1994).

Con la disposición de sedimentos de Tena Inferior y Napo Medio y Superior, la cuenca sufre la más importante etapa de compresión, conocida como Fase Peruana de Compresión y Levantamiento que inicia la inversión tectónica y forman las principales estructuras petrolíferas de la Cuenca Oriente. Este evento reactiva antiguas fallas normales ligadas a un sistema de Rift Triásico y/o Jurásico Inferior, donde estas fallas actualmente inversas y de fuerte buzamiento orientadas principalmente N-S o NNE-SSO, limitan los tres corredores estructurales -petrolíferos antes mencionadas.

Luego de estos ciclos, ligada a la compresión andina, la cuenca y su funcionamiento estuvo controlada por el crecimiento de los Andes. Esto ocurrió durante el Paleógeno y el Neógeno, período en el que se depositaron las formaciones Tena Superior en un ambiente continental, Tiuyacu Inferior y Superior, también continentales, Ortegaza de ambiente marino somero y las formaciones: Chalcana, Arajuno, Curaray, Chambira y Mera-Mesa; todas ellas

continentales. Esta misma inversión fue la que originó los tres corredores estructurales antes citados, con lo que la región amazónica adquirió su actual configuración.

FIGURA N° 3.3.3.- SECCIÓN ESTRUCTURAL DE LOS CORREDORES



Fuente: Baby, et al. (2004)

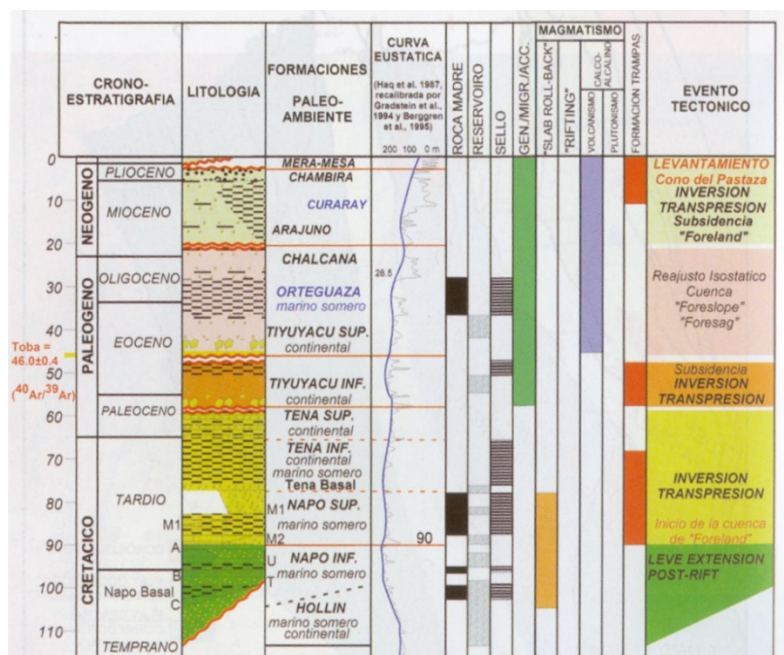
Litoestratigrafía

A la configuración de las condiciones geológicas del área de influencia contribuyeron además los procesos de erosión ligados a la dinámica fluvial local y los consecuentes procesos de erosión - sedimentación.

Estratigráficamente la Cuenca Oriente se halla constituida por secuencias sedimentarias y volcánicas que tienen edades que van desde el Paleozoico (Formación Pumбуiza de edad Devónico) hasta el Cuaternario (Formaciones Mera y Mesa), que descansan sobre un basamento Precámbrico que forma parte del Cratón Guayanés (Faucher & Savoyat, 1973).

Estas unidades se encuentran depositadas en una secuencia de ciclos sedimentarios separados por importantes procesos de erosión y/o no depositación, como consecuencia de importantes eventos tectónicos de extensión e inversión transpresiva, las formaciones del Cretácico como Hollín, Napo y Tena presentan estructuras compresivas, principalmente fallas inversas y pliegues. Las formaciones desde el Paleoceno Temprano al Cuaternario (50 a 1.5 ma), pertenecen a secuencias de ambiente transicional de marino a continental (Rivadeneira y Baby, 1999). En la siguiente figura se observa una representación de los ciclos sedimentarios y columna estratigráfica general de la Cuenca Oriente desde el cretácico.

FIGURA N° 3.3.4.- COLUMNA ESTRATIGRÁFICA Y EVENTOS TECTÓNICOS QUE CONTROLARON LA CUENCA ORIENTE



Fuente: Baby, 2004

➤ Geología Local

En el área de influencia del tramo del RODA, de acuerdo con el Mapa de Geológico del Ecuador (IIGE, 2019), afloran las formaciones Curaray, Chambira y Depósitos Aluviales recientes relacionados con los ríos de mayor tamaño. (Ver Mapa Geológico N° 06 del Anexo Cartográfico).

Formación Curaray

Esta formación asignada al Mioceno Superior ha sido depositada en un ambiente de aguas salobres y está conformada por una serie detrítica que comprende arcillas bien estratificadas que localmente contienen yeso, alternadas con areniscas de grano fino a medio. Estratos tobáceos y arcillas negras carbonosas se encuentran hacia el tope.

Se encuentra extendida por la mayoría del área de influencia del oleoducto secundario Tarapoa Lago Agrio y al norte del Bloque Tarapoa y está cubierta por suelos residuales resultantes de la meteorización de sus rocas.



Aforamientos de esta formación se encuentran hacia el sur del área de influencia, en las paredes del cauce del río Aguas Blancas, cerca de su desembocadura en el río Aguarico, allí se observan arcillolitas intercaladas con areniscas finas.

Consiste en arcillas multi-color, con tonalidades gris claro a gris-azul o rojizas. En algunos lugares presentan intercalaciones de yesos y niveles de areniscas de grano fino a medio. Hacia el tope aparecen arcillas negras carbonosas y niveles de lignito. La edad de esta formación es Mioceno superior- Plioceno Inferior (Rivadeneira y Baby, 1999).

Esta formación es equivalente lateralmente a las formaciones Arajuno y Chambira, y probablemente corresponde a la parte superior de la formación Chalcana. (Rivadeneira et al., 1998).

Formación Chambira

Esta formación de edad mio-pliocénica, corresponde a depósitos aluviales que a nivel de la cuenca oriente está constituida por material predominantemente grueso representado por areniscas de grano medio a muy grueso y conglomerados intercalados con lutitas que pueden contener restos fósiles de plantas carbonizados o silicificados.

A esta formación se la encuentra fundamentalmente hacia el sur del río Aguarico y al sur del Bloque Tarapoa, con un contacto irregular e imperceptible de tendencia este – oeste con la formación Curaray. Se encuentran sus facies distales, en las que predominan las arenas finas cuarzo feldespáticas, las areniscas líticas algo tobáceas y las arcillas intercaladas con eventuales niveles conglomeráticos. Estos abanicos aluviales terciarios fueron depositados formando una terraza con una inclinación regional hacia el sureste.

Depósitos Aluviales

Corresponden a los depósitos que en la actualidad están siendo depositados por los cursos de agua de mayor tamaño (Aguarico, Teteye, Dureno, Pacayacu, Tarapoa, Tarapuy) que se encuentran en la zona de estudio.



Estos depósitos están poco desarrollados, debido a las bajas concentraciones de sólidos suspendidos y sedimentables que presentan los ríos del área. Esto se debe a que los ríos se caracterizan por una baja pendiente longitudinal por lo que su capacidad erosiva y de transporte es mínima; los sedimentos provienen de la erosión de las formaciones Curaray y Chambira y de los suelos desarrollados a partir de ellas.

En los márgenes del cauce principal del río Aguarico se encuentra material detrítico (gravas, arenas y limos), para el caso de gravas los clastos están sub redondeados y presentan variaciones tanto es su origen como en tamaño, el material ha sido transportado y depositado a lo largo de la llanura de inundación en forma de terrazas y barreras de canal. El depósito de este material se encuentra sujeto a cambios en la hidrodinámica del río.

Los escasos materiales que transportan son depositados en las riberas durante las inundaciones y en el lecho y están representados por arcillas y limos finamente estratificados que en conjunto tienen espesores reducidos y en otros casos se incorporan al suelo.

3.3.2.2 Geomorfología

Los factores como el clima y precipitación, así como las condiciones litológicas de los materiales superficiales y la cobertura vegetal son los encargados de controlar la geomorfología de la zona de estudio. El escurrimiento superficial ha originado un área colinada que es el remanente de la planicie aluvial distal que fue la morfología original de la formación Curaray.

Los cursos de agua de mayor orden y de configuración meándrica dentro de su proceso de migración lateral han originado una planicie aluvial, a un nivel inferior a la del área colinada.

Es importante considerar la actividad antrópica debido a que, a lo largo del recorrido del RODA en la zona de estudio, se ha realizado movimientos de material a fin de adaptar el derecho de vía para la implantación del oleoducto y para la construcción de la vía, ya que ambas infraestructuras recorren casi en su totalidad el mismo trazado. Además, el establecimiento de poblaciones ha generado movimiento de tierras que ha producido un cambio en la forma natural del suelo y el paisaje.



Para la elaboración del mapa geomorfológico, se tomó en consideración el mapa del Ministerio del Ambiente de escala 1:25 000 (Ver Mapa Geomorfológico N° 07 del Anexo Cartográfico). En el cual se aprecia que el trazado del RODA atraviesa tres unidades geomorfológicas, las cuales son: Colina mediana, terraza y llanura aluvial.

Como se aprecia en el Mapa Geomorfológico, la mayor parte del tramo del RODA, atraviesa una zona de Colinas medianas. Se realizaron sobrevuelos con un dron en puntos específicos, en donde se tomaron fotografías que permiten apreciar las geoformas de la zona de estudio,

A continuación, se presentan dichas fotografías:



Fotografía N° 3.3.1.- Vista desde la abscisa desde la abscisa 53+500 AG2 hacia el norte



Fotografía N° 3.3.2.- Vista desde la abscisa desde la abscisa 77+230

En la zona circundante a las abscisas 53+500 y 77+230 (Fotografía N° 3.3.1 y Fotografía N° 3.3.2) se observan colinas de forma redondeada y de baja elevación, además, en la Fotografía N° 3.3.1, se aprecia la inclinación regional de las elevaciones dirigirse hacia el Este.

Las llanuras aluviales corresponden a zonas planas de pendientes muy suaves, generalmente son pantanosas como se aprecia en la zona circundante a la abscisa 64+500 en donde el RODA realiza una variante (Fotografía N° 3.3.3).



Fotografía N° 3.3.3.- Vista desde la abscisa 64+500 hacia el NE Llanura aluvial en el tramo de la variante del RODA

En la Fotografía N° 3.3.4, se aprecia una vista panorámica de la Estación de Chiritza, se observa que se ha realizado una plataforma para la implementación de la infraestructura, además se aprecia que en los alrededores existe un área colinada de baja elevación.



Fotografía N° 3.3.4.- Vista panorámica de la Estación Chiritza

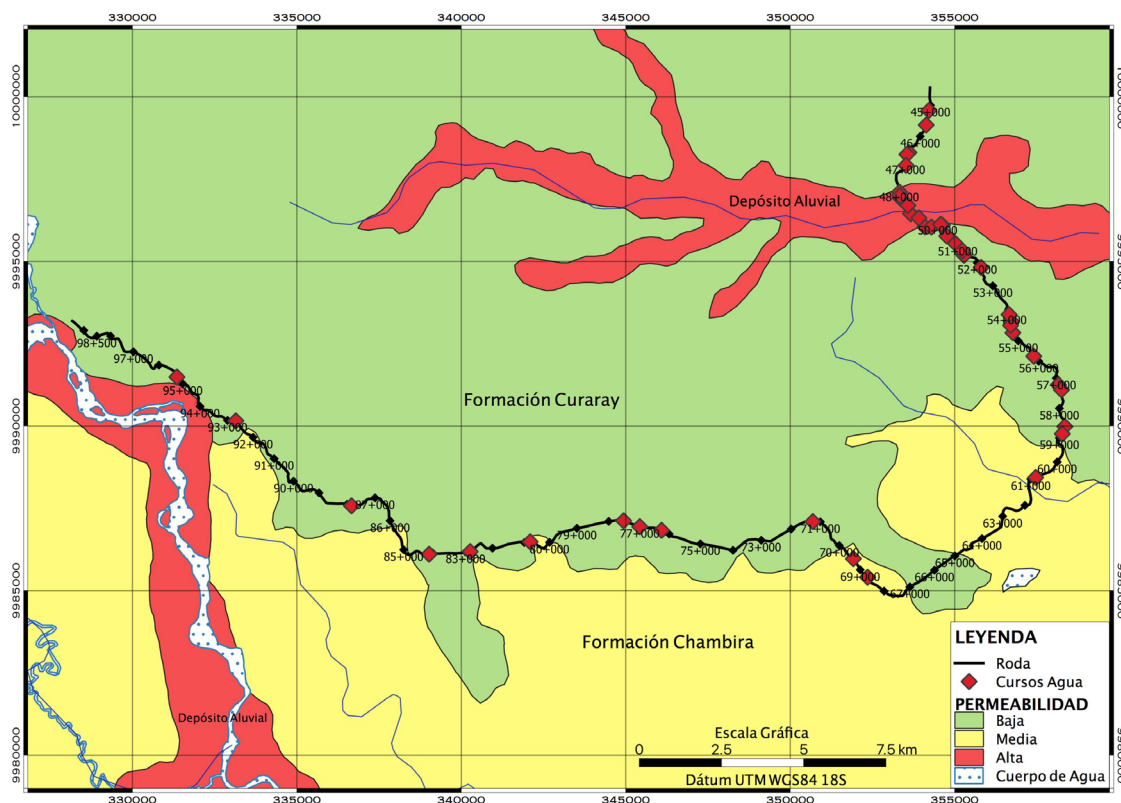
3.3.2.3 Hidrogeología

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 (Custodio E., y Llamas M.R., 1983 en Burbano N., et., al 2015). La hidrogeología se relaciona estrechamente con los factores geológicos de una zona debido a que características físicas de las formaciones geológicas tales como, porosidad, permeabilidad, transmisividad hidráulica entre otras, permiten la caracterización de los flujos de agua subterráneos.

Para el análisis de la sensibilidad hidrogeológica en el tramo del RODA en estudio, se utilizó la información del Sistema Nacional de Información; el parámetro analizado será la permeabilidad, que, según Burbano N., et., al (2015) es “La capacidad de un terreno de permitir el paso de agua definida como el caudal de agua que se filtra, a través de una sección de área de terreno unidad, bajo la carga producida por un gradiente hidráulico unitario”.

Para el presente análisis se relacionó la permeabilidad con la sensibilidad hidrogeológica; este factor definirá el potencial de infiltración de crudo en los acuíferos de las formaciones geológicas en caso de un derrame producido por la rotura del oleoducto. La Figura N° 3.3.5 muestra el tramo del RODA estudiado, en relación a las permeabilidades de las diferentes formaciones geológicas; la litología de las diferentes formaciones ha sido descrita en el apartado de Geología.

FIGURA N° 3.3.5.- HIDROGEOLOGÍA DEL TRAMO DEL RODA EN ESTUDIO



Escala 1:100.000

Fuente: Sistema Nacional de Información – MAGAP 2005

En la siguiente tabla, se detalla la sensibilidad hidrogeológica de los diversos tramos del RODA en la zona de estudio, se ha diferenciado con los colores verde, amarillo y rojo las sensibilidades baja, media y alta respectivamente.

TABLA N° 3.3.5.- PERMEABILIDAD Y SENSIBILIDAD HIDROGEOLÓGICA EN EL TRAMO DE ESTUDIO DEL RODA

Abscisa	Formación	Permeabilidad - Sensibilidad
45+000 – 48+000	Curaray	Baja
48+000 – 49+600	Depósito Aluvial	Alta
49+600 – 59+550	Curaray	Baja
59+550 – 64+700	Chambira	Media
64+700 – 67+200	Curaray	Baja
67+200 – 69+800	Chambira	Media
69+800 – 80+000	Curaray	Baja
80+000 – 80+800	Chambira	Media
80+800 – 84+900	Curaray	Baja
84+900 – 85+800	Chambira	Media
85+800 – 91+700	Curaray	Baja
91+700 – 92+350	Chambira	Media
92+350 – 94+000	Curaray	Baja
94+000	Depósito Aluvial	Alta
94+000 – 98+500	Curaray	Baja

Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2020



En la abscisa 94+000 se ha señalado una zona puntual de alta sensibilidad, debido a que, acorde a la bibliografía existente, en este sector el RODA interseca con el depósito aluvial en un tramo de aproximadamente 150 m. Debido a la cercanía de este punto a esta formación geológica, se consideró apropiado señalarlo como un punto de alta sensibilidad, puesto que un derrame en esta zona podría dirigirse hacia esta formación infiltrándose en el acuífero existente.

Es importante mencionar que, de acuerdo con las observaciones realizadas durante la inspección del oleoducto, las zonas en donde el oleoducto cruza por cursos de agua tales como ríos y quebradas se consideran también de sensibilidad alta, debido a que un derrame en estos puntos podría causar contaminación de los acuíferos y fuentes de agua que estos alimentan. Los puntos en los que se encontraron cruces con quebradas, ríos o riachuelos fueron representados con un rombo de color rojo (Figura N° 3.3.5).

**TABLA N° 3.3.6.- RESUMEN DE TRAMOS DEL RODA DE ACUERDO A SENSIBILIDAD
HIDROGEOLÓGICA**

Sensibilidad	Kilómetros	% RODA
Baja	41.65	78%
Media	10.1	19%
Alta	1.75	3%

Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2020

Como se puede observar en la Tabla anterior, un 78% del trazado del RODA en la zona de estudio se encuentra ubicado en zonas con sensibilidad baja, un 19% en una zona de sensibilidad media y un 3% en zonas de sensibilidad alta.

3.3.2.4 Fenómenos Naturales

➤ Amenaza Sísmica

Para evaluar el potencial sísmico que puede afectar al área de estudio se ha tomado como base Informe Sísmico para el Ecuador, elaborado por el Instituto Geofísico para el año 2017 y el Mapa y memoria de Fallas y Pliegues Cuaternarias de Ecuador y Regiones Oceánicas Adyacentes (Egüés, 2003). Sobre la base de la información consultada, las fallas activas principales que tiene influencia en el área de estudio se agrupan de acuerdo con las siguientes estructuras:



Sistema de fallas del Frente Andino Oriental, constituye el frente de empuje de la placa sudamericana. Se encuentran ubicadas al este de las fallas transcurrentes y definen una zona alargada en sentido N20° E (NNE-SSO); las estribaciones orientales del volcán Reventador marcan el extremo oriental de dicha zona. Presenta una bifurcación en la parte NE hacia la latitud 0°, que llega a confundirse con los segmentos de las fallas transcurrentes que vienen del noreste y complican el campo de esfuerzos en la región donde se ubicaron los epicentros del terremoto del 5 de marzo de 1987, donde se absorbe la mayor parte de la deformación compresiva.

Estudios recientes indican que este sistema ha permanecido activo desde el Eoceno hasta la actualidad (Yépez et. al, 1990), por lo que podría suponerse que algunos de los sismos históricos pudieron tener relación con estas fallas. Se destacan el segmento Baeza – Borja - El Chaco, y el segmento Cosanga - Chonta, los cuales presentan fuertes evidencias de fallamiento activo y microsismicidad asociada (Yépez et al, 1994).

El levantamiento del Napo estructuralmente constituye un gran anticlinal de eje paralelo al rumbo general de la Cordillera de los Andes que se halla limitado al occidente por la faja de cabalgamientos de bajo ángulo y fallas inversas ya reconocidas por Tschopp en 1953. Las fallas principales asociadas a esta estructura son: Payamino-Cascales, Puyo.

Informe Sísmico para el Ecuador, elaborado por el Instituto Geofísico para el año 2017 y el Mapa y memoria de Fallas y Pliegues Cuaternarias de Ecuador y Regiones Oceánicas Adyacentes (Egüés, 2003), donde se reportan la existencia de fallas activas que pueden ser estructuras sismogénicas, en el bloque Subandino; siendo las fallas inversas Cascales, Payamino y Sumaco las más próxima al campo, se encuentran a más de 100km al oeste y suroeste del mismo.

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), el tramo a licenciar del RODA se encuentra en una zona de 0.15g con respecto de la aceleración de la gravedad, correspondiente a la Zona Sísmica I. Acorde a la Tabla de valores del factor Z en función de la zona sísmica de la NEC, la zona Nororiental del Ecuador donde se encuentra implantado el tramo del RODA en estudio, la cataloga con un Peligro Sísmico Intermedio.

➤ **Amenaza Volcánica**

Los riesgos de este componente fueron evaluados en función a los diferentes fenómenos naturales volcánicos que pudieran afectar al Oleoducto RODA el tramo comprendido en la abscisa 45+600 y la abscisa 98+500. Para el análisis de riesgo se utilizó evidencia histórica, observaciones directas de campo y ubicación geográfica de los principales volcanes activos que podrían afectar a la zona de estudio

Debido a que los volcanes del Ecuador pertenecen a la región septentrional de los Andes, tiene en sus cordilleras muchos volcanes activos, para poder evaluar el peligro volcánico es necesario identificar las fuentes activas más cercanas a la zona de estudio, el alcance que los tipos de fenómenos eruptivos puedan tener sobre la misma y su tiempo de recurrencia.

La fuente de una erupción volcánica más cercana al área es el Volcán Reventador ubicado al este a 122,22 km de la zona del proyecto, hacia las estribaciones orientales del piedemonte Subandino. Su área de influencia si ocurriese una erupción de grandes proporciones afectaría a las provincias de Orellana y Sucumbíos.

La historia eruptiva del volcán Reventador muestra en la actualidad una caldera en forma de herradura orientada hacia el Este, los productos volcánicos de las últimas erupciones históricas desde 1843 hasta 2002 han sido expulsados hacia el lado E; sin embargo, la zona de estudio y su área de influencia indirecta no han sido afectadas por estos procesos.

El volcán Reventador es muy activo. Su última erupción histórica se produjo en enero de 1976. En esa ocasión se presenciaron flujos piroclásticos por primera vez en el siglo. En noviembre del 2002 empezó un nuevo proceso eruptivo que se caracterizó por flujos piroclásticos que generaron varias columnas eruptivas ocasionando caídas de ceniza en las provincias de Napo y Sucumbíos; sin embargo, el área de estudio por encontrarse más alejada del área de influencia de los vientos no reportó consecuencia alguna. Según el registro histórico de las erupciones existentes, los flujos de lava solamente se circunscriben al área de influencia del cráter, en algún caso especial, flujos de lodo y lava alcanzaron al río Quijos. Hay referencia de la presencia de cenizas en un radio de hasta 180 km.



El volcán Sumaco ubicado a 131,79 km al sureste de la zona del proyecto, cuya afectación directa para el área podría ser la caída de ceniza, presenta una caldera de 2,5 km de ancho que está abierta hacia el noreste, así como una planicie compuesta de bloques caóticos y montículos irregulares constituidos por rocas del Sumaco, que se encuentran dispersos sobre el pie del cono. En base a la información disponible, la actividad eruptiva del Sumaco está caracterizada por lavas de tipo basáltico alcalino sin minerales hidratados, es decir que se formaron a altas temperaturas, lo que indica que su actividad pasada debió caracterizarse por ser menos explosiva y más efusiva

➤ **Fenómenos Geomorfológicos**

La región Amazónica se denomina como una de las áreas fisiográficas del país, está ubicada al este de la Cordillera Real y forma parte de la zona plana de la Cuenca Amazónica Superior y la zona subandina de plegamientos, levantamientos y corrimiento.

Geomorfológicamente, la Región Amazónica está formada por los levantamientos: Cordilleras de Cutucú y varias cuencas sedimentarias de la región; las unidades geomorfológicas son:

- La Cordillera Real
- Los Levantamientos de Napo y Cutucú
- Abanico Mera
- La Llanura Amazónica

La geomorfología se centra en el estudio de las formas del relieve de la superficie terrestre, enfocado en: describir, entender su génesis y su actual comportamiento. Pero dado que estas son el resultado de la dinámica, que es la capa sólida superficial en la tierra, que en general integra, para de esta manera poder entender que en el relieve inciden fenómenos: biológicos, geológicos, antrópicos. Se realizó el análisis de imágenes satelitales con el objetivo de tener una mejor apreciación de procesos acumulativos y denudativos, formas de relieve y tipos de suelo, adicionalmente, se utilizó información de otros estudios realizados en la zona.



La disposición horizontal, subhorizontal de la formación Chambira, Curaray, Mera y la baja consolidación de las rocas que la conforman han determinado que la morfología sea relativamente regular; no se encuentra una morfología ligada a estructuras de origen tectónico, afloramientos rocosos y tampoco relieves fuertes debido a rocas bien consolidadas.

La vegetación y las bajas pendientes han sido factores importantes en el control de la erosión natural debida a la escorrentía superficial, por esta razón su influencia en la morfología del área no es relevante.

Se hizo además una evaluación a detalle de todas las unidades del paisaje que conforman el área de estudio, las mismas que se cartografiaron en el mapa geomorfológico respectivo del área de estudio.

El efecto combinado de los factores y procesos descritos ha dado como consecuencia la formación de las Llanuras Onduladas o Planas, Colinas, Terrazas Aluviales generalmente bien drenadas.

A continuación, se plantea la estabilidad geomorfológica como un factor que puede afectar al proyecto.

Estabilidad Geomorfológica

El relieve terrestre va evolucionando en la dinámica del ciclo geográfico mediante una serie de procesos constructivos y destructivos que se ven permanentemente afectados por la fuerza de gravedad que actúa como equilibradora de los desniveles, es decir, hace que las zonas elevadas tiendan a caer y rellenar las zonas deprimidas. Estos procesos hacen que el relieve transite por diferentes etapas. Los desencadenantes de los procesos geomorfológicos pueden categorizarse en cuatro grandes grupos:

- **Factores geográficos:** Se consideran dentro de este grupo a aquellos factores abióticos de origen exógeno: gravedad, suelo, clima y los cuerpos de agua. El *clima* con sus elementos tales como: presión, temperatura, humedad, vientos. El *agua*



superficial con la acción de la escorrentía superficial, la acción fluvial y marina. Los *hielos* con el modelado glacial, entre otros, favorecen los procesos erosivos.

- **Factores bióticos:** El efecto de los factores bióticos sobre el relieve suele oponerse a los procesos del modelado, especialmente considerando la vegetación; sin embargo, existen animales que colaboran con el proceso erosivo tales como los caprinos, cabras.
- **Factores geológicos:** tales como la tectónica de placas, fallas, alteración, meteorización de las rocas, vulcanismo, los cuales son procesos constructivos que se oponen al modelado e interrumpen el ciclo geográfico.
- **Factores antrópicos:** La acción del hombre sobre el relieve es muy variable, dependiendo de la actividad que se realice, en este sentido y como comúnmente pasa con el hombre es muy difícil generalizar, pudiendo incidir a favor o en contra de los procesos erosivos.

El área de estudio se encuentra ubicada en el Gran Pasaje denominado Cuenca Amazónica baja, plana y/o pantanosa. En esta zona se destacan paisajes de colina muy bajas, llanuras de esparcimientos de nivel medio y terrazas. Los suelos de la zona se han desarrollado a partir de material detrítico, con granulometría fina de origen volcánico y sedimentario.

El agente modelador del sector es de origen hídrico desarrollado por ambientes aluviales, diluviales y palustres, los cuales en varias etapas han esparcido, retrabajado, disectado y meteorizado materiales clásticos, formando varios niveles de terrazas y diferentes formas del terreno colinado.

Según el análisis en el área de estudio predomina zonas de paisajes de llanura, pendientes menores al 5%, suelos limosos y arcillosos de alta plasticidad con capacidad de soportar altas precipitaciones durante varios meses del año.

De manera general el área donde se realizará el proyecto presenta una estabilidad de *moderada a baja*, pues carece de declives, escarpes, laderas empinadas o de elevado grado de inclinación.

➤ **Fenómenos Geodinámicos**

Dentro de los procesos geodinámicos que pudieran afectar al proyecto se identificó a la remoción de masas como el principal riesgo.

➤ **Riesgo por Remoción de Masas**

De acuerdo a lo establecido en la Geomorfología, las áreas más susceptibles a los movimientos de terreno corresponden a las Unidades Geomorfológicas Colinas con Intervalos Agudos y Colinas con Intervalos Mal Drenados, entre las cuales, la susceptibilidad de la primera es relativamente mayor en comparación de la segunda.

En este contexto, en el Programa de Financiamiento para Gestión de Riesgos del Ecuador (2010), señala que la parte amazónica (bastante plana) y en el norte de la Sierra se registraron pocos deslizamientos.

Durante la inspección realizada se pudo observar que los fenómenos de remoción en masa son los fenómenos que en mayor medida han afectado a la infraestructura del Roda, llegando en ocasiones a ocasionar rupturas en el oleoducto, generando derrames de crudo y consecuentemente afecciones al medioambiente y pérdidas económicas.

La implantación del RODA en el tramo estudiado en la mayor parte de su recorrido es paralela a la construcción de la carretera Lago Agrio – Equinoccio. La adecuación del derecho de vía y construcción de la vía en ocasiones ha implicado el remodelamiento de taludes que en casos puntuales han generado movimientos en masa que han afectado al oleoducto en estudio.

3.3.2.5 Suelos

Se hizo un reconocimiento general de las estructuras morfológicas de la zona y se evaluaron en detalle todas las unidades del paisaje que conforman el área de estudio, las mismas que se cartografiaron en el mapa geomorfológico respectivo (Ver Mapa Geomorfológico N° 07 del Anexo Cartográfico). Se revisó adicionalmente, el Mapa Geomorfológico del Ecuador (IIGE, 2019) y la información cartográfica del Sistema Nacional de Información.

➤ Clasificación taxonómica

Para establecer las principales propiedades físicas y agrológicas se efectuaron calicatas y en ellas se tomaron muestras representativas; la ubicación del sitio de toma de muestras y el detalle del tipo de análisis se presenta en la Tabla N° 3.3.7.

La metodología y número de muestras que se realizó al componente suelo se detalla en el numeral 3.3.1.3 Suelo, del presente capítulo.

TABLA N° 3.3.7.- UBICACIÓN DE MUESTRAS DE SUELOS - AGROLÓGICO

Código	Tipo de Muestra	Fecha Toma de muestra	Fecha de Entrega al Laboratorio	Referencia	Coordenadas ⁸	
					X	Y
AG-01	Agrológica	17/12/2019	23/12/2019	Agrológico	353650	9996554
AG-02	Agrológica	17/12/2019	23/12/2019		356404	9993849
AG-03	Agrológica	18/12/2019	23/12/2019		356345	9986844
AG-04	Agrológica	19/12/2019	23/12/2019		342904	9986709
AG-05	Agrológica	20/12/2019	23/12/2019		330425	9992137

Datum: UTM WGS 84 Zona 18Sur
Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2020

Las capas u horizontes son las evidencias que dejan los procesos formadores de los suelos y sirven para reconocer, individualizar y asignar un nombre con el cual se identifica un tipo de suelo permitiendo separarlo de otro suelo en un sistema ordenado de clasificación; se requieren otras características, asociadas con su descripción y resultados de análisis de muestras en laboratorio. Los nombres concedidos a los tipos de suelos se relacionan con sus procesos de formación y con sus características (SIGTIERRAS, 2017)

Se realizaron muestreos agrológicos en 5 sitios indicados en la Tabla N° 3.3.7. La muestra agrológica AG-1 se tomó en un Entisol dentro de la Reserva Cuyabeno, la muestra AG-3 se tomó dentro de una zona catalogada como Histosol, finalmente, las muestras AG-2, AG-4 y AG-5 fueron recolectadas dentro de un Inceptisol. Las descripciones de las calicatas y sus fotografías se encuentran en el Anexo N° 3.7.2.

⁸ Aclaración: la coordenada detallada corresponde al Punto referencial del sitio donde se realizó la toma de cada una de las submuestras recolectadas por horizonte.



Se realizó el muestreo agrológico de suelos acorde a la cartografía existente del MAGAP y de la “Memoria explicativa del Mapa de Órdenes de Suelos del Ecuador” del SIGTIERRAS, se extrae la siguiente descripción de los tipos de suelos encontrados en la zona 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 edafogenéticos; tal vez porque su tiempo de desarrollo ha sido muy corto o 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.

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.

Inceptisoles

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. En este orden encontramos suelos con propiedades físicas y químicas muy variables, 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.; propiedades que han sido estratégicamente aprovechadas en el sector agrícola en cultivos claves en la economía del país, como cacao, maíz duro, palma africana y banano.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis de los suelos:

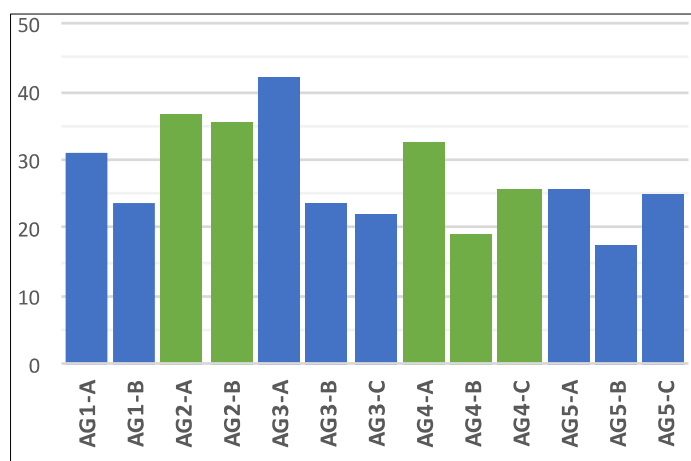
TABLA N° 3.3.8.-RESULTADOS DE ANÁLISIS AGROLÓGICO DE SUELOS

Código de Muestra	AG1-A	AG1-B	AG2-A	AG2-B	AG3-A	AG3-B	AG3-C	AG4-A	AG4-B	AG4-C	AG5-A	AG5-B	AG5-C
Horizonte	A	B	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Humedad (%)	31.2	23.7	36.9	35.4	42.2	23.8	22.1	32.8	19.1	25.6	25.8	17.4	24.9
pH(Unid. pH)	4.67	4.57	4.61	4.63	5.81	5.77	5.87	5.46	5.42	5.29	5.76	6.07	5.63
Calcio (mg/kg)	85.1	<50	<50	<50	282	228	<50	202	<50	<50	581	1044	1067
Cobre (mg/kg)	<10.0	<10.0	<10.0	16.5	<10.0	11	17.9	11.5	18.8	<10	25.1	33.1	27.4
Hierro (mg/kg)	10730	14470	24348	39220	13448	19795	31610	14523	18748	19943	23913	26505	24305
Manganeso (mg/kg)	37.2	41.9	59.5	88.5	138	184	214	95	99.3	63.8	320	396	417
Potasio (mg/kg)	193	144	90.1	119	311	288	425	402	620	347	830	1150	820
Zinc (mg/kg)	<25.0	<25.0	<25.0	38.2	37.9	37.5	51.9	73.7	111	75.7	134	153	122
Fósforo (mg/kg)	4.62	1.56	2.43	1.39	2.65	1.37	1.39	2.89	2.51	1.66	3.63	15.1	10
Materia Orgánica (mg/kg)	4.95	1.88	5.38	2.65	5.4	2.13	1.61	3.62	0.13	0.95	1.73	1.06	0.93
Textura - Arcilla (%)	17	26	34	40	15	33	36	15	20	30	35	25	29
Textura - Arena (%)	55	40	0	0	45	40	40	55	53	49	40	40	0
Textura - Limo (%)	28	34	66	60	40	27	24	30	27	21	25	35	71

Fuente: Laboratorios ANNCY
Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 020

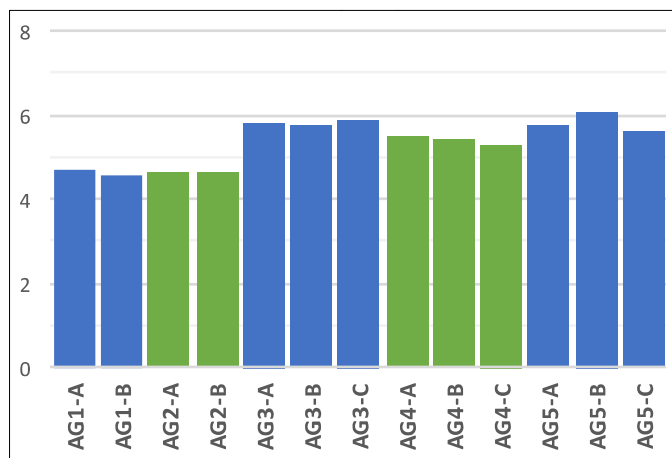
Se recolectaron muestras de cada horizonte de suelo en las calicatas excavadas, en las muestras AG-1 y AG-2 se identificaron 2 horizontes, mientras en el resto de las muestras se identificaron 3 horizontes. En las figuras presentadas a continuación se indican los resultados de los análisis de laboratorio y se ha diferenciado con colores un sitio de muestreo de otro. En el Anexo 3.2.2.1 se encuentran los resultados de los análisis agrológicos realizados.

FIGURA N° 3.3.6.- RESULTADOS DE HUMEDAD (%) EN LOS HORIZONTES DE SUELOS MUESTREADOS EN EL RODA



Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 020

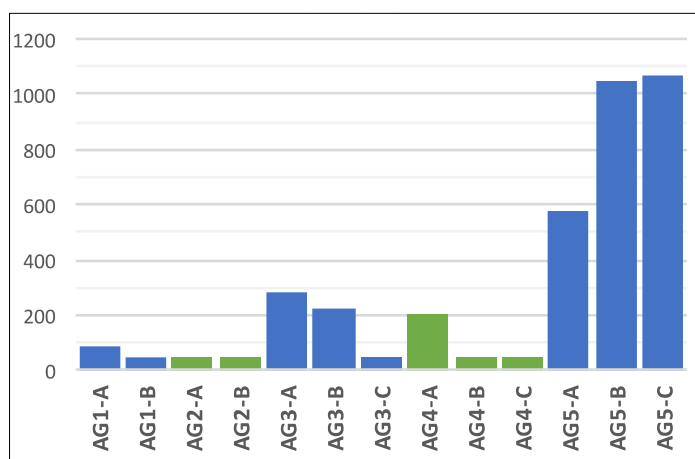
FIGURA N° 3.3.7.- RESULTADOS DE pH EN LOS HORIZONTES DE SUELOS MUESTREADOS EN EL RODA



Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 020

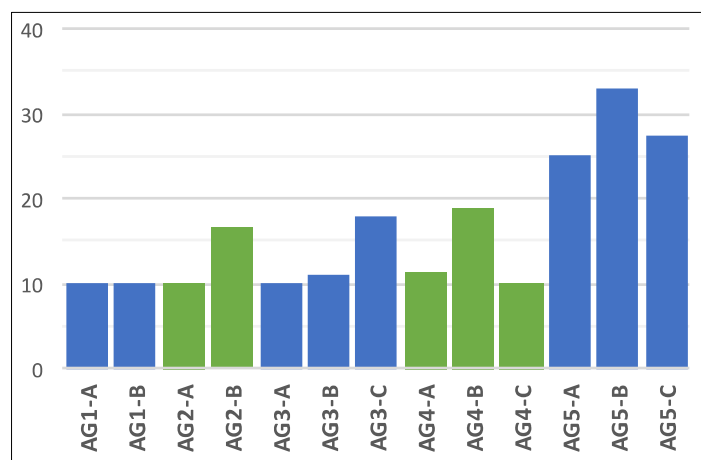
Los valores de humedad de los horizontes fluctúan entre 17 y 42% con una media de 28%, al tratarse de una zona de altas precipitaciones, estos valores fluctuarán en rangos medios a altos. Los valores de pH varían entre 4.6 y 6.1, presentando una media de pH=5.4 siendo suelos ligeramente ácidos apropiados para el crecimiento de vegetación.

FIGURA N° 3.3.8.- RESULTADOS DE CALCIO (MG/KG) EN LOS HORIZONTES DE SUELOS MUESTREADOS EN EL RODA



Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 020

FIGURA N° 3.3.9.- RESULTADOS DE COBRE (MG/KG) EN LOS HORIZONTES DE SUELOS MUESTREADOS EN EL RODA



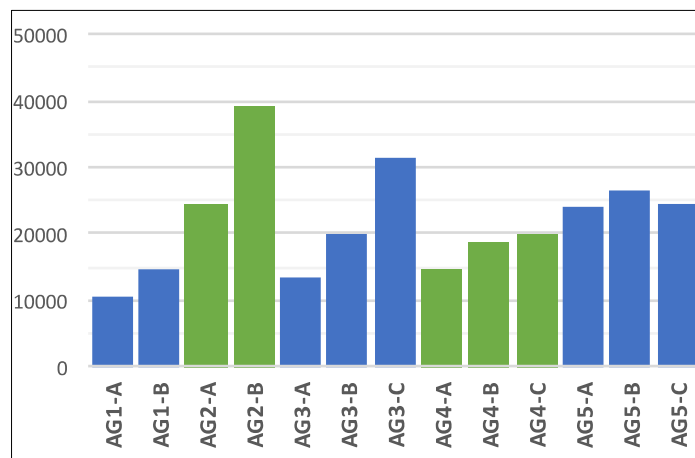
Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 020

Los resultados de calcio para el muestreo de suelos fueron dispersos. En los sitios AG-1 y AG-2 los valores de calcio fluctúan entre <50 a 85.1 mg/kg en los horizontes A y B. En el sitio AG-3 varían entre <50 a 282 mg/kg; el sitio AG-4 también presenta valores inferiores a 50 mg/kg en los horizontes B y C, mientras que en el horizonte A este valor es de 202 mg/kg. En el sitio AG-5 los valores varían entre 581 y 1067 mg/kg siendo este sitio muestreado el más rico en calcio.

Los valores de cobre resultaron menos dispersos en los sitios AG-1 a AG-4, fluctuando entre <10 a 18.8 mg/kg; el sitio AG-5 presentó valores más elevados que varían entre 25.1 y 33.3 mg/kg.

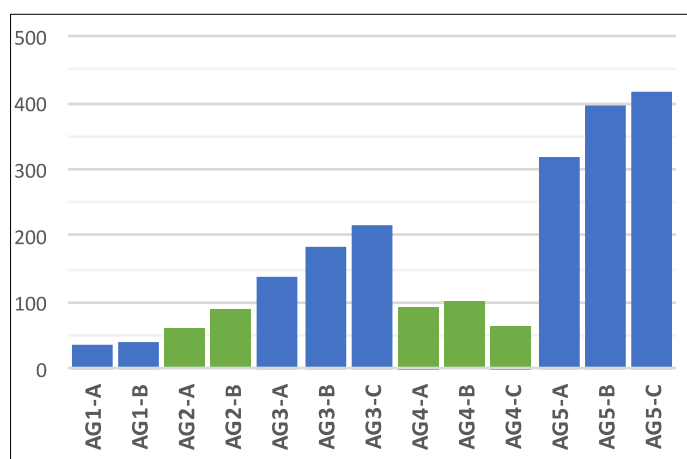


FIGURA N° 3.3.10.- RESULTADOS DE HIERRO (MG/KG) EN LOS HORIZONTES DE SUELOS MUESTREADOS EN EL RODA



Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 020

FIGURA N° 3.3.11.- RESULTADOS DE MANGANESO (MG/KG) EN LOS HORIZONTES DE SUELOS MUESTREADOS EN EL RODA

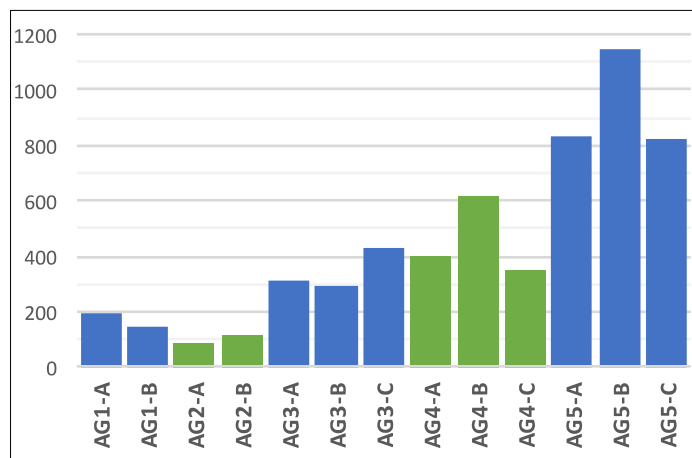


Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 020

El contenido de hierro varía entre 10730 y 39220 mg/kg, se aprecia que el contenido de hierro aumenta a medida que los horizontes se profundizan. El horizonte B del sitio AG-2 es el que presentó mayor contenido de hierro. Los valores de manganeso se presentan dispersos, en los sitios AG-1, AG-2 y AG-4 los valores varían entre 37,2 y 99,3 mg/kg. El sitio AG-3 tiene valores en el rango de 138 a 214 mg/kg y finalmente el sitio AG-5 presenta los valores más altos del muestreo fluctuando entre 320 y 417 mg/kg; se aprecia una tendencia al aumento de contenido de manganeso a medida que los horizontes de suelo se profundizan.

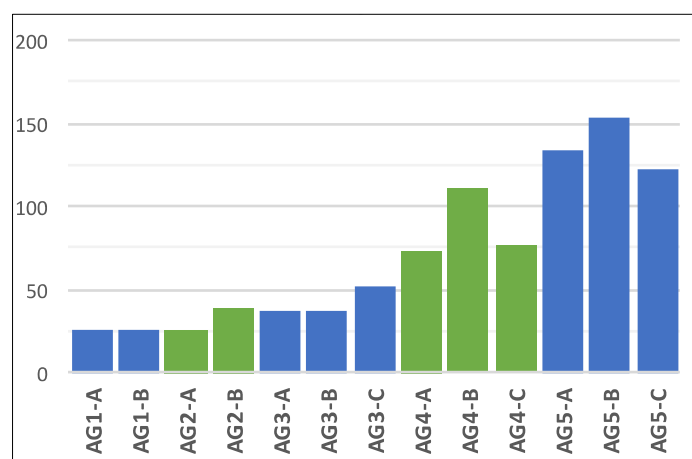


FIGURA N° 3.3.12.- RESULTADOS DE POTASIO (MG/KG) EN LOS HORIZONTES DE SUELOS MUESTREADOS EN EL RODA



Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 020

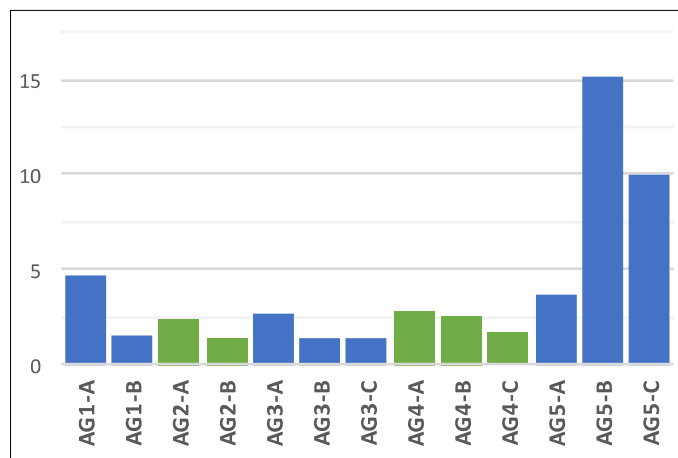
FIGURA N° 3.3.13.- RESULTADOS DE ZINC (MG/KG) EN LOS HORIZONTES DE SUELOS MUESTREADOS EN EL RODA



Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 020

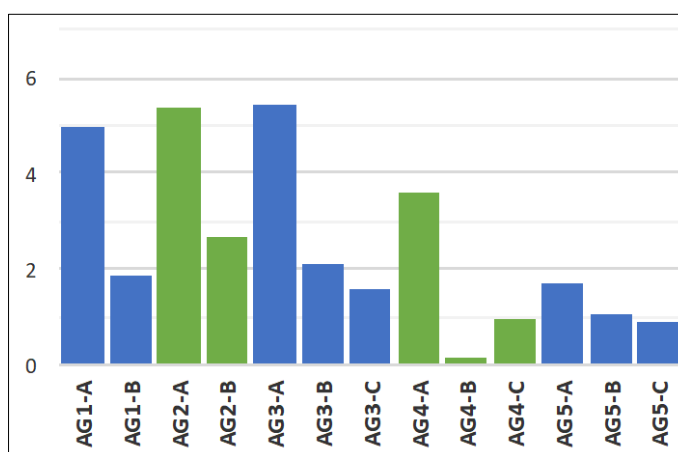
Los valores de potasio varían entre 90,1 y 193 mg/kg en los sitios AG-1 y AG-2, en los sitios AG-3 y AG-4 varían entre 311 y 620 y finalmente en el sitio Ag-5 se presentaron los valores máximos que fluctúan entre 820 y 1150 mm/kg. Los valores de contenido de zinc se presentan uniformes en los sitios AG-1 a AG-3, variando entre <25 mg/kg y 51,9 mg/kg; En los sitios AG-4 y AG-5 los valores se encuentran entre 73,7 y 153 mg/kg.

FIGURA N° 3.3.14.- RESULTADOS DE FÓSFORO (MG/KG) EN LOS HORIZONTES DE SUELOS MUESTREADOS EN EL RODA



Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 020

FIGURA N° 3.3.15.- RESULTADOS DE MATERIA ORGÁNICA (MG/KG) EN LOS HORIZONTES DE SUELOS MUESTREADOS EN EL RODA



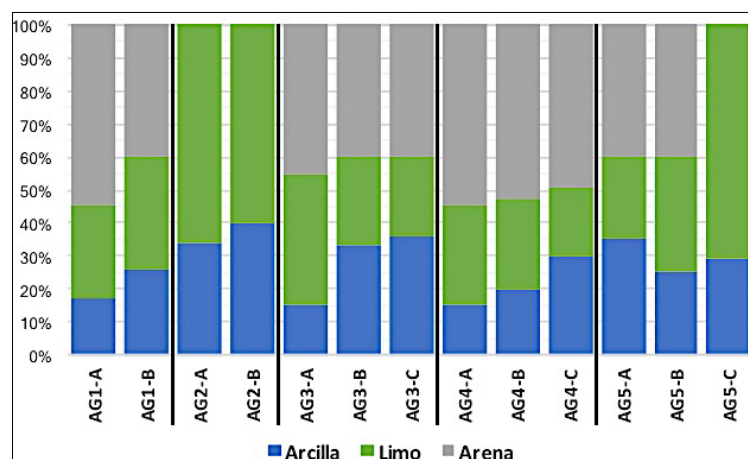
Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 020

El contenido de fósforo varía entre 1,37 y 4,62 en las muestras de suelo obtenida, presentando una anomalía en los horizontes B y C del sitio AG-5 donde alcanza valores máximos de 15,1 y 10 respectivamente.

El contenido de materia orgánica, como es esperable, presenta sus valores máximos en los horizontes A en todos los sitios de muestreo, siendo los sitios AG-1 a AG-3 los que presentan los mayores valores, que fluctúan entre 1,91 y 5,38 %, el sitio AG-4 presenta valores entre 0,13 y 3,62% y finalmente el sitio AG-5 presenta el menor contenido de materia orgánica con valores entre 0,93 y 1,73 %.

Finalmente se examinó la textura del suelo, se aprecia una predominancia en el contenido de limo, seguido de arena y finalmente de arcilla. Los horizontes A de los distintos sitios son los que presentan un mayor contenido de arena; en la siguiente Figura se resume los contenidos porcentuales de la textura del suelo en los diferentes horizontes muestreados.

FIGURA N° 3.3.16.- RESULTADOS DE TEXTURA DEL SUELO (%) EN LOS HORIZONTES DE SUELOS MUESTREADOS EN EL RODA



Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 020

➤ Características Químicas de Suelos

Se realizó la toma de una muestra de suelo, compuesta por 15 submuestras tomadas entre 0 y 30 cm de suelo, las cuales posteriormente fueron homogeneizadas hasta obtener una muestra de aproximadamente 1 kg. El muestreo fue realizado cada 5 km, obteniendo un total de 11 muestras compuestas a lo largo del recorrido del RODA en el tramo de estudio.

La ubicación de las muestras se presenta en la siguiente Tabla:

TABLA N° 3.3.9.- UBICACIÓN DE LAS SUBMUESTRAS DE SUELOS

Ubicación		No. Submuestra	Datum WGS 84 UTM Zona 18S	
Lugar	Código		Este (m)	Norte (m)
Reserva Cuyabeno	MS-01	1	353653	9996579
		2	353657	9996582
		3	353647	9996576
		4	353643	9996580
		5	353640	9996584
		6	353637	9996589
		7	353635	9996594
		8	353650	9996582



Ubicación		No. Submuestra	Datum WGS 84 UTM Zona 18S	
Lugar	Código		Este (m)	Norte (m)
		9	353647	9996587
		10	353644	9996591
		11	353657	9996582
		12	353656	9996585
		13	353653	9996590
		14	353651	9996594
Abscisa 53+500	MS-02	15	353648	9996599
		1	356424	9993859
		2	356418	9993863
		3	356410	9993866
		4	356402	9993861
		5	356419	9993851
		6	356411	9993856
		7	356405	9993872
		8	356397	9993867
		9	356428	9993853
		10	356424	9993846
		11	356418	9993840
		12	356411	9993845
		13	356404	9993853
		14	356399	9993856
Abscisa 58+700	MS-03	15	356393	9993860
		1	358301	9989870
		2	358300	9989866
		3	358301	9989874
		4	358295	9989866
		5	358295	9989870
		6	358295	9989875
		7	358288	9989866
		8	358288	9989870
		9	358289	9989874
		10	358301	9989880
		11	358296	9989879
		12	358289	9989879
		13	358301	9989886
		14	358296	9989885
Abscisa 63+420	MS-04	15	358290	9989885
		1	356347	9986841
		2	356342	9986839
		3	356339	9986842
		4	356346	9986835
		5	356338	9986846
		6	356349	9986832
		7	356343	9986844
		8	356341	9986848
		9	356351	9986837
		10	356354	9986834
		11	356357	9986837
		12	356352	9986841
		13	356350	9986845
		14	356346	9986847
Abscisa 69+300	MS-05	15	356345	9986850
		1	352005	9985858
		2	352010	9985861
		3	352006	9985867
		4	352002	9985873
		5	352001	9985879
		6	351999	9985882



Ubicación		No. Submuestra	Datum WGS 84 UTM Zona 18S	
Lugar	Código		Este (m)	Norte (m)
		7	352013	9985856
		8	352006	9985862
		9	352001	9985866
		10	351998	9985871
		11	351996	9985875
		12	351996	9985880
		13	352006	9985854
		14	352004	9985864
		15	352007	9985850
Abscisa 73+880	MS-06	1	348357	9986275
		2	348352	9986270
		3	348346	9986267
		4	348341	9986264
		5	348334	9986260
		6	348332	9986263
		7	348330	9986266
		8	348336	9986268
		9	348338	9986266
		10	348345	9986269
		11	348343	9986271
		12	348350	9986274
		13	348351	9986272
		14	348356	9986277
		15	348355	9986279
Abscisa 78+800	MS-07	1	343697	9986946
		2	343698	9986943
		3	343710	9986943
		4	343705	9986943
		5	343715	9986944
		6	343702	9986943
		7	343719	9986944
		8	343724	9986946
		9	343721	9986948
		10	343717	9986947
		11	343714	9986946
		12	343712	9986946
		13	343708	9986945
		14	343704	9986946
		15	343700	9986946
Abscisa 85+200	MS-08	1	338229	9986379
		2	338228	9986375
		3	338225	9986378
		4	338222	9986378
		5	338218	9986376
		6	338225	9986374
		7	338222	9986373
		8	338219	9986373
		9	338232	9986377
		10	338232	9986380
		11	338230	9986384
		12	338227	9986382
		13	338224	9986381
		14	338221	9986380
		15	338218	9986380
Abscisa 88+350	MS-09	1	336192	9987618
		2	336188	9987619
		3	336183	9987620
		4	336178	9987621



Ubicación		No. Submuestra	Datum WGS 84 UTM Zona 18S	
Lugar	Código		Este (m)	Norte (m)
		5	336174	9987622
		6	336169	9987624
		7	336164	9987624
		8	336159	9987626
		9	336163	9987629
		10	336168	9987628
		11	336173	9987627
		12	336177	9987626
		13	336181	9987625
		14	336186	9987624
		15	336191	9987622
Abscisa 93+100	MS-10	1	332827	9990240
		2	332842	9990236
		3	332835	9990237
		4	332822	9990245
		5	332818	9990251
		6	332812	9990255
		7	332808	9990259
		8	332804	9990263
		9	332800	9990268
		10	332849	9990232
		11	332855	9990229
		12	332861	9990225
		13	332796	9990271
		14	332792	9990275
		15	332788	9990277
Estación Chiritza	MS-11	1	330384	9992088
		2	330381	9992090
		3	330388	9992085
		4	330393	9992088
		5	330390	9992091
		6	330387	9992094
		7	330397	9992091
		8	330394	9992094
		9	330391	9992096
		10	330383	9992080
		11	330380	9992083
		12	330376	9992086
		13	330372	9992068
		14	330368	9992071
		15	330366	9992075

Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2020

Los resultados de laboratorio se adjuntan en el Anexo 3.2.2.2 Químicos, el resumen se presenta en la siguiente Tabla:

TABLA N° 3.3.10.- ANÁLISIS QUÍMICOS DE SUELOS RODA

Muestras	Datum WGS 84 UTM Zona 18S		Parámetros				
			TPH (mg/kg)	HAP (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Níquel (mg/kg)	Plomo (mg/kg)
	Este (m)	Norte (m)	Limite Cuantificación				
			100	0,364	0,5	10	10
MS – 01*	353653	9996579	< 100	< 0,364	< 0,500	< 10,0	< 10,0
MS – 02	356424	9993859	< 100	< 0,364	< 0,500	14.8	< 10,0

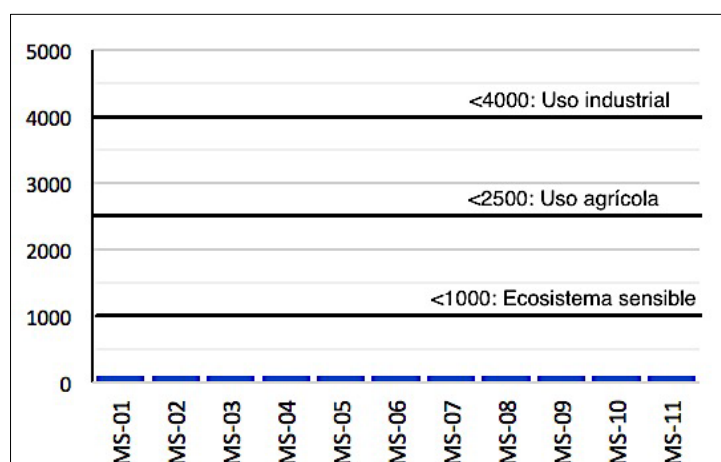


Muestras	Datum WGS 84 UTM Zona 18S		Parámetros				
			TPH (mg/kg)	HAP (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Níquel (mg/kg)	Plomo (mg/kg)
	Este (m)	Norte (m)	Límite Cuantificación				
			100	0,364	0,5	10	10
MS – 03	358301	9989870	< 100	< 0,364	< 0,500	14.8	< 10,0
MS – 04	356347	9986841	< 100	< 0,364	< 0,500	14	12
MS – 05	352005	9985858	< 100	< 0,364	2.96	41.2	12.7
MS – 06	348357	9986275	< 100	< 0,364	< 0,500	14.7	10.5
MS – 07	343697	9986946	< 100	< 0,364	< 0,500	19.1	13.2
MS – 08	338229	9986379	< 100	< 0,364	< 0,500	14.4	< 10,0
MS – 09	336192	9987618	< 100	< 0,364	< 0,500	19.2	< 10,0
MS – 10	332827	9990240	< 100	< 0,364	< 0,500	< 10,0	< 10,0
MS - 11	330384	9992088	< 100	< 0,364	1.5	29.3	11.2
Límite máximo permisible tabla 6 RAOHE 1215 (Uso Agrícola)			<2500	<2	<2	<50	<100
Límite máximo permisible tabla 6 RAOHE 1215 (Ecosistema Sensible)			<1000	<1	<1	<40	<80

Fuente: Laboratorios ANNCY, 2020

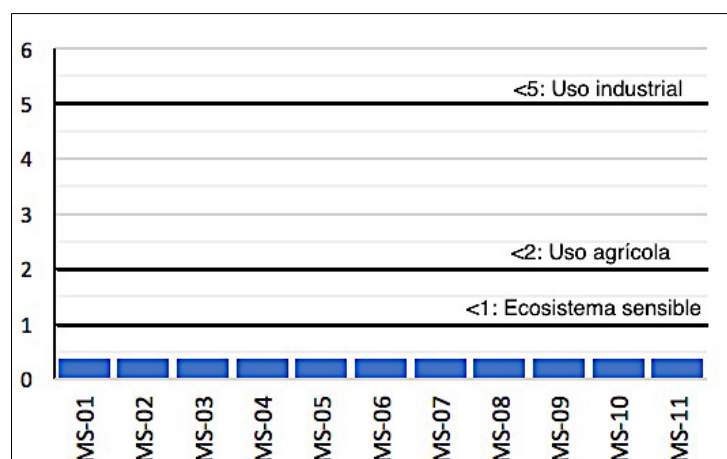
Muestra MS-01: Muestra tomada en la Reserva de Producción de Fauna Cuyabeno.

En base a los análisis obtenidos en laboratorio, se determinó que los valores de TPH y HAPs tienen un valor <100 mg/kg y < 0.364 mg/kg respectivamente en los sitios de muestreo de la MS-02 a la MS-11, lo cual cumple con la normativa propuesta en la Tabla 6 RAOHE (uso agrícola). La Muestra MS-01 se comparó con ecosistemas sensibles, se observa que cumple los LMP para los parámetros TPH y HAPs.

FIGURA N° 3.3.17.- RESULTADOS DE TPH

Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 020

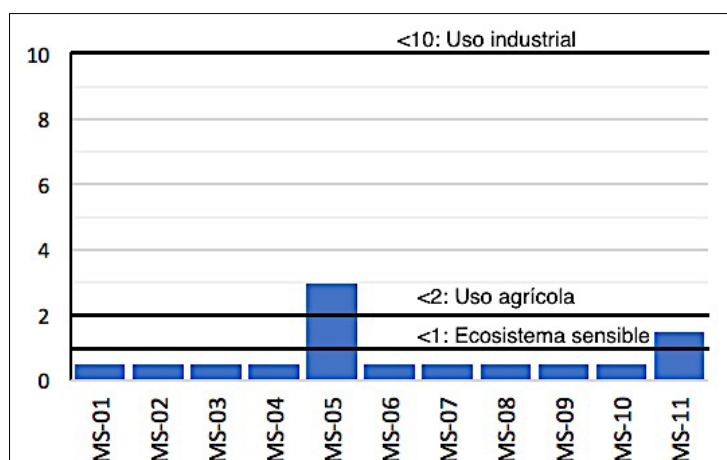
FIGURA N° 3.3.18.- RESULTADOS DE HAPS



Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 020

En cuanto a los niveles de Cadmio en cada muestra de suelo, con respecto al cumplimiento de los LMP de Tabla 6 del RAOHE (uso agrícola) se encontró que las muestras de la MS-02 a la MS-04 y de la MS-06 a la MS-11 tienen un valor < 0.500 mg/kg, a excepción de la muestra MS-11, las cual presenta un valor 1,5 mg/kg; indicando que cumplen con los LMP establecidos en la normativa. Con respecto a la muestra MS-05 no cumple los LMP; sin embargo, puede deberse a que la muestra fue tomada en zonas agropecuarias. La Muestra MS-01 se comparó con ecosistemas sensibles, se observa que cumple los LMP para este parámetro.

FIGURA N° 3.3.19.- RESULTADOS DE CADMIO

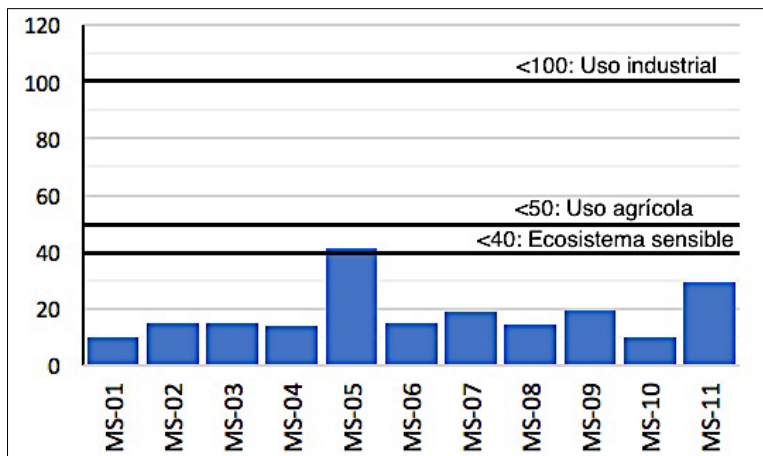


Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 020



Los niveles de Níquel en las muestras MS-02 a la MS-11 fluctúan entre valores < 10.0 mg/kg y 41.2 mg/kg, lo que indica que cumple los LMP establecidos en la Tabla 6 del RAOHE (Uso agrícola) La Muestra MS-01 se comparó con ecosistemas sensibles, se observa que cumple los LMP para este parámetro.

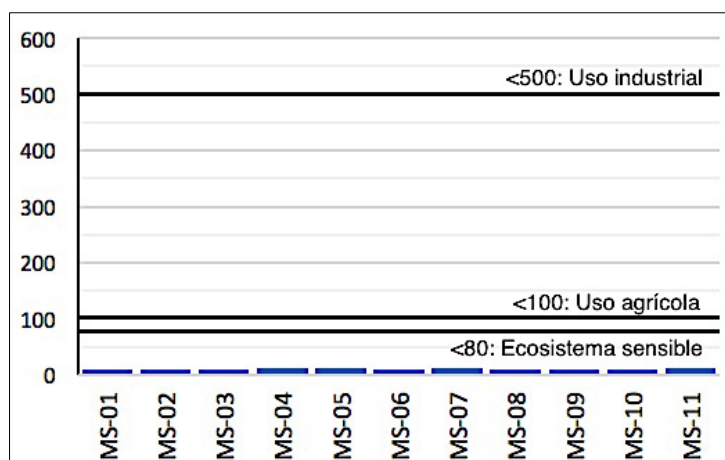
FIGURA N° 3.3.20.- RESULTADOS DE NÍQUEL



Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 020

Analizando los niveles de Plomo, se determinó que todas las muestras de la MS-02 a la MS-11 cumplen con los LMP establecidos en la Tabla 6 del RAOHE (uso agrícola). La Muestra MS-01 se comparó con ecosistemas sensibles, se observa que cumple los LMP para este parámetro.

FIGURA N° 3.3.21.- RESULTADOS DE PLOMO



Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 020

Los reportes de laboratorio constan en el Anexo 3.2.2 Suelo y las Cadenas de Custodia en el Anexo 3.3.

3.3.2.6 Climatología

El clima de una zona se define mediante las estadísticas de un período de tiempo relativamente largo de información climatológica, con lo que se pretende caracterizar la variación espacial y temporal de cada una de las variables climatológicas que cuenten con información confiable.

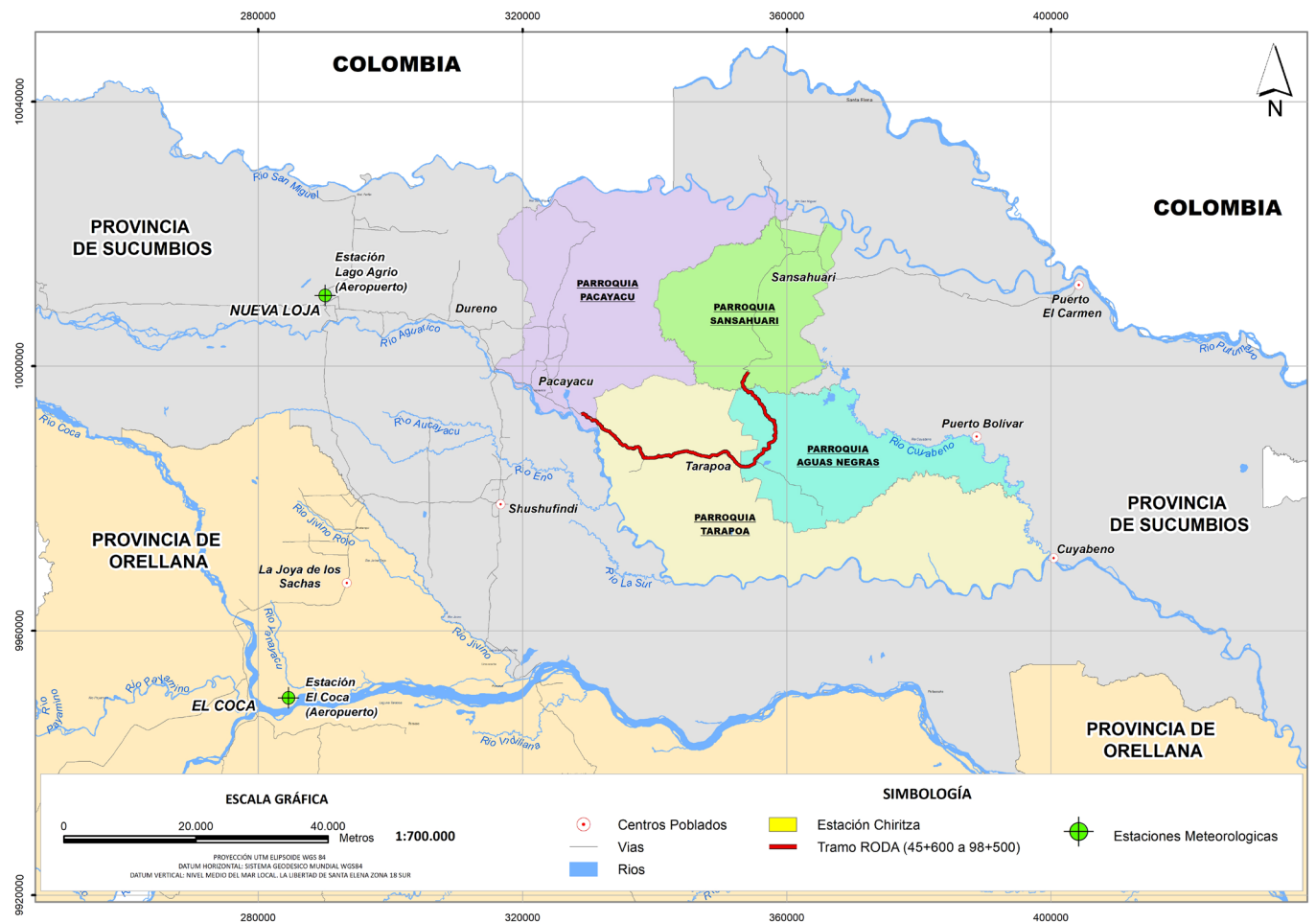
Las características del clima consideradas de mayor interés en el proyecto fueron: temperaturas máximas, medias y mínimas, humedad relativa media, nubosidad, velocidades y dirección del viento, precipitación anual, lluvias máximas para 24 horas y lluvias intensas.

La zona, registra condiciones climáticas propias de Clima Tropical Húmedo. Esta zona está caracterizada por una temperatura media anual de 26,4°C considerando los 26,6°C de la Estación Aeropuerto “Francisco de Orellana” El Coca y los 26,2°C de la Estación Aeropuerto “Lago Agrio” Nueva Loja; y caracterizadas también por totales pluviométricos importantes, que giran en torno a los 3130 mm por año en la estación “Francisco de Orellana” y 3525 mm para la Estación de “Lago Agrio”. La humedad relativa es elevada, del orden del 80,3% en Nueva Loja y de 84,3% en la estación “El Coca”.

El cielo se encuentra frecuentemente nublado, debido a una nubosidad media anual de 6,5 octas siendo el promedio de las dos estaciones. Ver Anexo 3.4.

La localización de las estaciones climatológicas puede apreciarse en la Figura N° 3.3.22.

FIGURA N° 3.3.22.- LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS



Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2020

➤ Información Disponible

Las estaciones más cercanas al proyecto y que contienen mayor información sobre variables climáticas son: Lago Agrio al Nor Oeste y Coca-Aeropuerto al Sur Oeste.

La estación más cercana y con más información sobre variables climáticas, es la estación Lago Agrio, ya que existen 36 años completos consecutivos de información confiable (1981-2017), de igual manera se consideró a la estación Coca-Aeropuerto con 36 años (1981-2017) siendo ambas las estaciones más relevantes para el análisis de la zona.

El análisis climático expuesto a continuación se sustenta en las estaciones anteriormente nombradas.

➤ Características Principales del Clima

La caracterización climatológica se realizó a través de los valores medios y extremos a nivel anual, mensual y de los propios valores absolutos de las variables respectivas.

Temperatura

La temperatura ha sido evaluada en términos mensuales. En valores medios, máximos y mínimos que decrece con la altitud; en el área de estudio se observa una reducción de aproximadamente 0,1 °C por cada 100 m de incremento en altitud. El valor de esta variable responde a varios factores como son: orografía, altitud, estación del año y la hora del día. Las temperaturas medias mensuales tienen una distribución uniforme al interior del año. Las mayores temperaturas se registran entre los meses de octubre a enero. A continuación, se presentan los niveles de temperatura representativos de la zona:

TABLA N° 3.3.11.-VALORES MEDIOS Y EXTREMOS MENSUALES DE TEMPERATURA

Estación	Media			Máxima Absoluta	Mínima Absoluta
	Media	Máxima	Mínima		
Lago Agrio	26,2	26,9	25,7	37,2	15,0
Coca Aeropuerto	26,6	27,4	26,0	38,2	15,1

Fuente: DAC, INAMHI, Anuarios Meteorológicos

En el Anexo 3.4, se incluyen figuras de los valores medios, máximos y mínimos mensuales de las estaciones consideradas dentro del presente análisis. En la Figura N° 3.3.5, se presenta el mapa de zonas de temperatura.

Humedad

Es la cantidad de vapor de agua expresada en porcentaje, presente en los estratos bajos de la atmósfera. En las estaciones de control regularmente se toman tres lecturas diarias: 07h00, 13h00 y 19h00.

En la Tabla N° 3.3.12 se incluyen los valores medios mensuales, observados de esta variable.

TABLA N° 3.3.12.- VALORES MEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD RELATIVA

Estación	Medios Mensuales		
	Medio	Máximo	Mínimo
Lago Agrio	80,3	83,0	77,2
Coca Aeropuerto	84,3	93,0	80,0

n.d.= No hay datos
Fuente: DAC, INAMHI

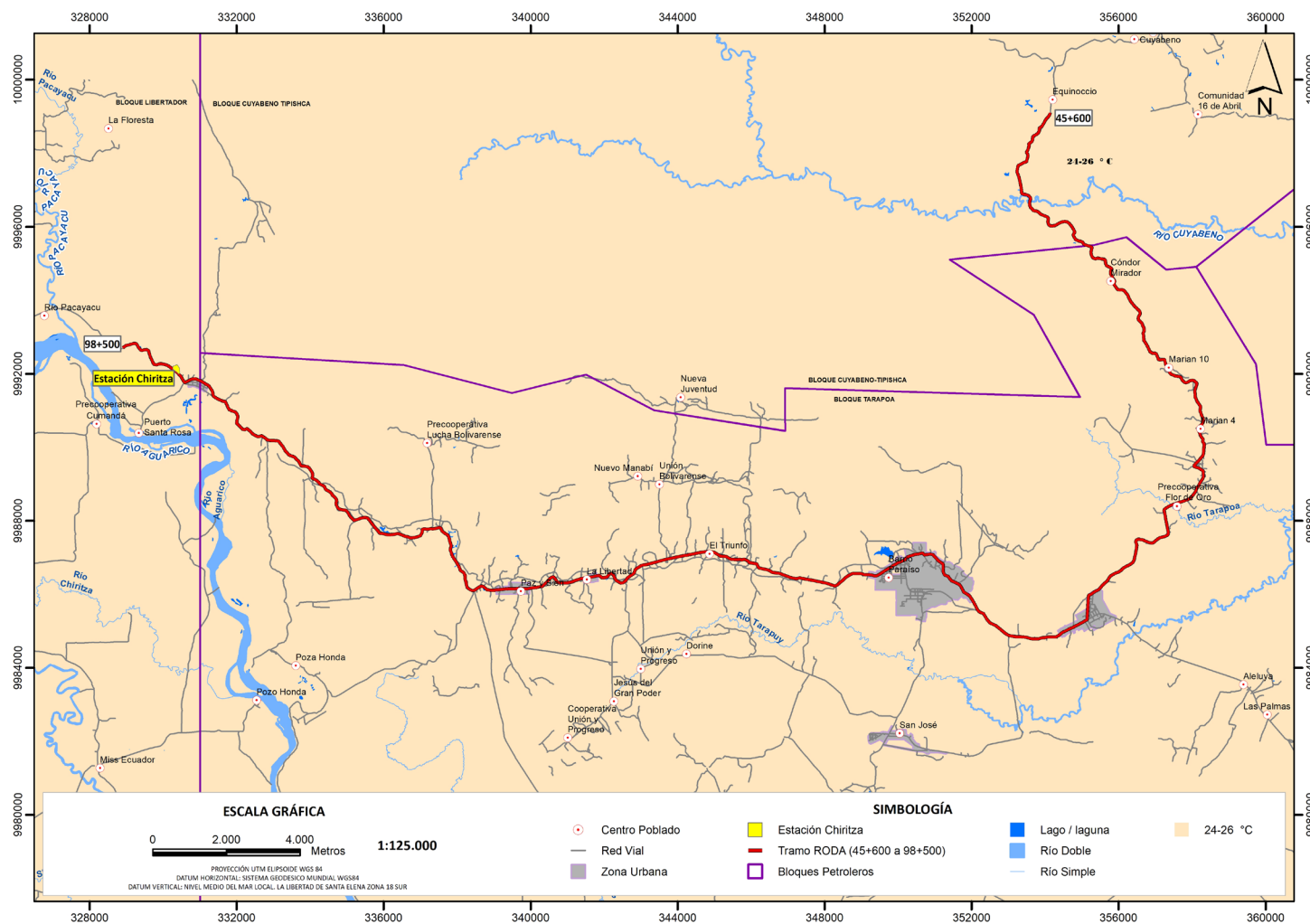
La humedad relativa media anual en el área es de alrededor de 82,3 (%), se puede notar que la humedad de esta zona permanece relativamente constante, con una leve tendencia de mayores humedades los meses de junio y julio.

En las figuras incluidas en el Anexo 3.4, se presenta la variación de humedad de la zona.

En general para la región oriental, el registro máximo de humedad diario es del 100%, valor que se presenta generalmente desde la media tarde hasta la mañana.



FIGURA N° 3.3.23.- MAPA DE ZONAS DE TEMPERATURA



Elaborado por: Envirotec Cía. Ltda., 2020

Nubosidad

Es el valor medio diario de la fracción de cielo cubierto por nubes visibles. Tabla N° 3.3.13 se presentan los valores medios a nivel mensual de esta variable, para las estaciones que disponen de esta información.

TABLA N° 3.3.13.-VALORES MEDIOS MENSUALES DE NUBOSIDAD

Estación	Medios Mensuales		
	Medio	Mínimo	Máximo
Lago Agrio	6,30	6,0	6,7
Coca Aeropuerto	6,48	6,1	6,8

Fuente: DAC, INAMHI
Elaborado por: Envirotec Cía. Ltda., 2020

La nubosidad media anual promedio para la zona, es de 6,30 (octas) para la Estación Lago Agrio y 6,48 (octas) para la Estación Coca Aeropuerto. Se determina que es una zona con presencia de nubes casi constante durante todo el año. En el Anexo 3.4, se indican figuras que esquematizan la variación mensual de la nubosidad.

Viento

El viento se produce por el gradiente de temperatura del aire, así su dirección predominante, provee indicaciones sobre el desplazamiento de masas de aire y por ende sobre la formación de tormentas.

La Tabla N° 3.3.14, muestra los registros de las estaciones en la que se ofrece información relacionada a este elemento del clima, en la zona de estudio.

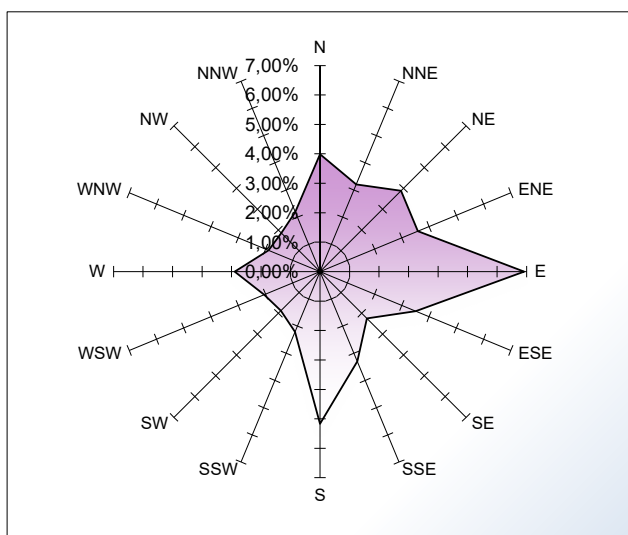
TABLA N° 3.3.14.- DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA DIRECCIÓN DEL VIENTO EN RUMBO

Estación	Dirección	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Calma
Lago Agrio	%	4,4	2,3	2,6	2,4	4,5	2,0	1,2	1,9	3,9	2,5	2,2	2,9	5,0	2,6	1,6	1,9	56,2
Coca Aeropuerto	%	4,0	3,3	3,9	3,7	7,1	3,6	2,3	3,4	5,2	2,3	1,9	2,1	3,0	2,0	1,9	2,2	48,2

Fuente: DAC, INAMHI
Elaborado por: Envirotec Cía. Ltda., 2020

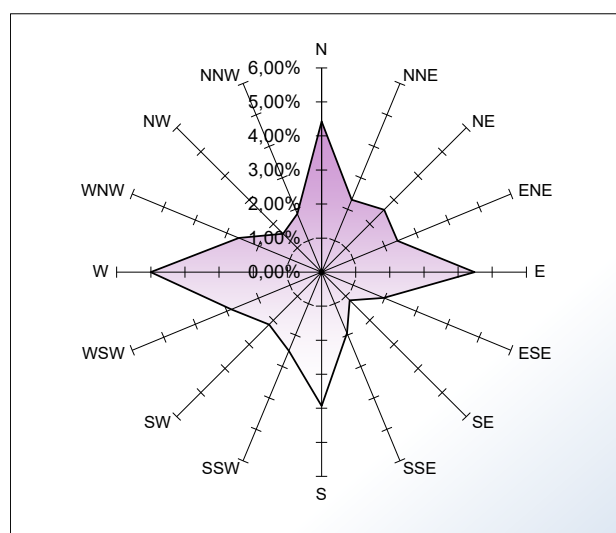
Según los datos, la dirección predominante de los vientos es Sur-Este (Estación Coca Aeropuerto) y para el Oeste (Estación Lago Agrio). La gráfica de la rosa de los vientos para cada estación se presenta en las Figura N° 3.3.24 y Figura N° 3.3.25.

**FIGURA N° 3.3.24.- DISTRIBUCIÓN DE LA DIRECCIÓN DEL VIENTO (ESTACIÓN COCA)
PERIODO 1981-2017**



Elaborado por: Envirotec Cía. Ltda., 2020

**FIGURA N° 3.3.25.- DISTRIBUCIÓN DE LA DIRECCIÓN DEL VIENTO (ESTACIÓN LAGO
AGRIO) PERIODO 1981-2017**



Elaborado por: Envirotec Cía. Ltda., 2020

Los datos relativos a velocidad del viento se muestran en la Tabla N° 3.3.15.



TABLA N° 3.3.15.- VALORES MEDIOS Y EXTREMOS MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS

Estación	Evento predominante	Dirección más frecuente	Media	Media		Media		Máxima Absoluta
				Mínima Mensual	Mínima Anual	Máxima Mensual	Máxima Anual	
Lago Agrio	Calma (56,2 %)	W (5.0%)	3,73	3,58	1,7	4,0	3,91	7,3
Coca Aeropuerto	Calma (48,2 %)	E (7,1 %)	3,77	3,63	2,25	4,92	4,92	8

Velocidad expresada en KT, 1 KT = 0,514791 m/s = 1,85325 km/h

Fuente: DAC

Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 020

La velocidad media anual para la estación Coca Aeropuerto es de 3,77 (kt) y para la estación de Lago Agrio es de 3,73 (kt). En las figuras incluidas en el Anexo 3.4, se presentan los histogramas mensuales de la velocidad del viento (media y máxima).

Precipitación

La precipitación es uno de los parámetros climatológicos determinantes del ciclo del agua en una región, así como también de la ecología, paisaje y usos del suelo. Los valores de pluviosidad de la zona comparados con los de otras regiones del Ecuador son elevados, teniendo 260 mm mensuales para la estación del “Coca Aeropuerto” y 294 mm mensuales para la estación de “Lago Agrio”. En la distribución al interior del año de las precipitaciones, se observa en general dos períodos húmedos que corresponden a los meses de abril a mayo y entre octubre a diciembre. Los meses de enero y agosto son los meses de menor precipitación; sin embargo, no puede definirse como un período seco. Las Tablas siguientes se describen los valores característicos para esta variable.

TABLA N° 3.3.16.- VALORES CARACTERÍSTICOS DE PLUVIOSIDAD MENSUAL

Estación	Lluvia Mensual		
	Media	Mínima	Máxima
Lago Agrio	293,8	30,9	673,3
Coca Aeropuerto	260,8	31,06	753,0

n.d.= No hay datos

Fuente: DAC, INAMHI

Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 020

TABLA N° 3.3.17.- VALORES CARACTERÍSTICOS DE PLUVIOSIDAD ANUAL

Estación	Lluvia Anual		
	Media	Mínima	Máxima
Lago Agrio	3525,3	2404,07	4668,0
Coca Aeropuerto	3130,1	1546,6	4430,7

n.d.= No hay datos

Fuente: DAC, INAMHI

Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 020

Información adicional relacionada con la pluviosidad (de las estaciones que disponen de la misma), se indica en la siguiente tabla:

TABLA N° 3.3.18.- INFORMACIÓN ADICIONAL RELACIONADA CON PLUVIOSIDAD

Estación	Precipitación Máxima en 24 Horas	Número de Días con Precipitación					
		Anual			Mensual		
		Medio	Mínimo	Máximo	Medio	Mínimo	Máximo
Lago Agrio	273,2 (abril 2013)	244	175	275	20	15	23
Coca Aeropuerto	214.3 mm (septiembre 2016)	223	148	263	19	12,3	22

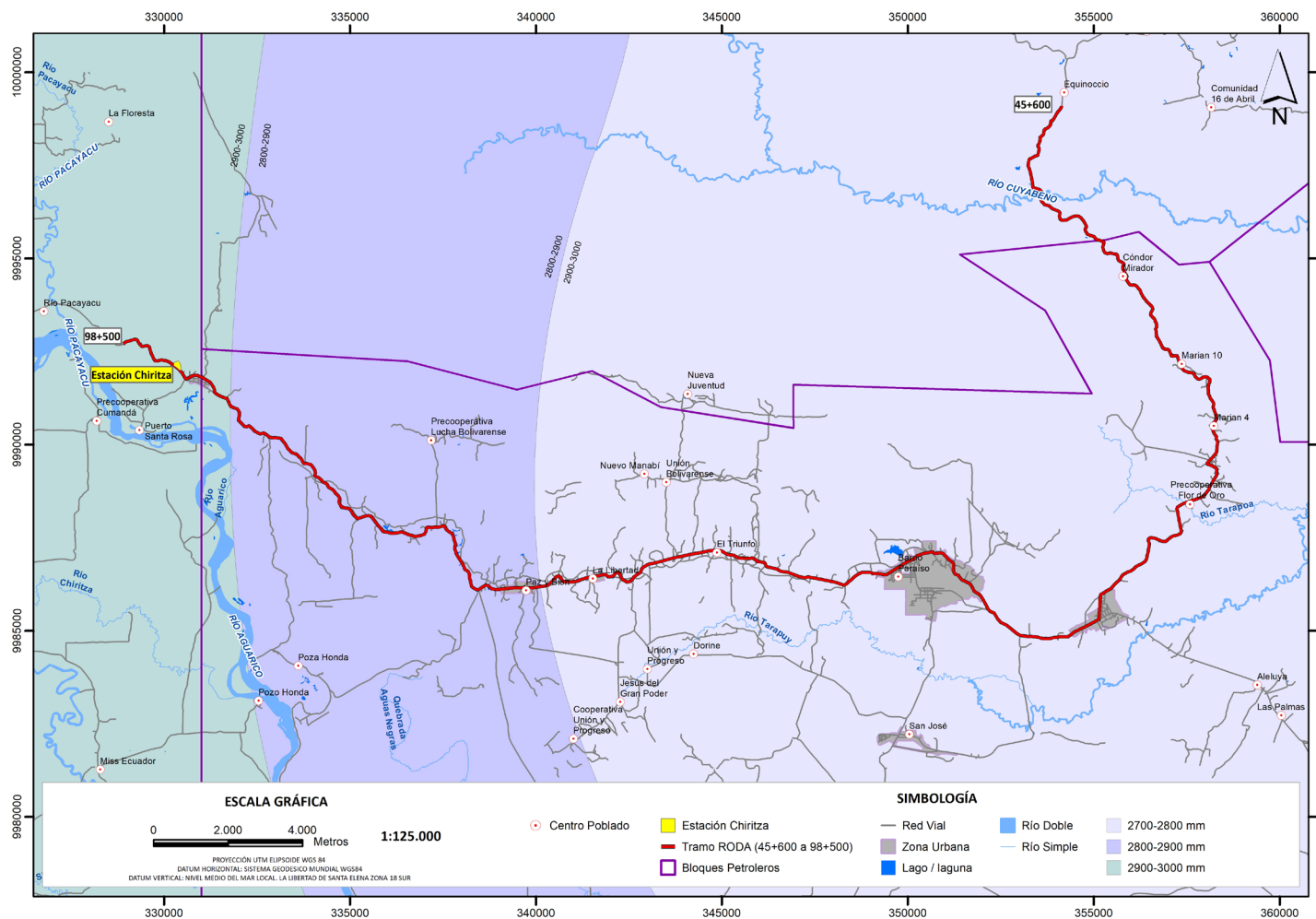
n.d.= No hay datos; Fuente: DAC, INAMHI;
Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 020

La precipitación máxima en 24 horas fue de 273,2 para la estación Lago Agrio y 214,3 mm para la Estación Coca Aeropuerto. De acuerdo con el número de días con precipitación, el máximo para la Estación Lago Agrio fue de 275 mm anual y 23 mm mensual, mientras que el máximo fue de 263 mm anual y 22 mensual para la Estación Coca Aeropuerto.

Las lluvias altas de 24 horas permiten deducir que la zona se caracteriza por la presencia de lluvias intensas que pueden saturar rápidamente los suelos e inundar los cauces y las áreas con deficiencias de drenaje.

En la Figura N° 3.3.26, se presenta el mapa de zonas de precipitación correspondiente al área de estudio.

FIGURA N° 3.3.26.- MAPA DE ZONAS DE PRECIPITACIÓN



Elaborado por: Envirotec Cía. Ltda., 2020

Balance Hídrico

El balance de humedad (balance hídrico) en una zona es necesario para definir las épocas de déficit y de excesos de agua. El balance del agua en el suelo a lo largo del año se realiza partiendo de los valores mensuales de precipitación y de evapotranspiración.

Para el cálculo del balance hídrico se aplica el método directo (Thornthwaite). En el método directo, el agua del suelo se va perdiendo mes a mes hasta agotar la reserva en el suelo, debido a la evapotranspiración. El balance hídrico define mensualmente los ingresos y salidas de agua desde el suelo, considerando los siguientes elementos:

- P: Precipitación media mensual
- ET: Evapotranspiración (potencial o de referencia)
- P-ET: Diferencia entre la P y la ET
- R: Reserva
- VR: Variación de la reserva
- ETR: Evapotranspiración real
- D: Déficit de agua
- Ex: Exceso de agua
- P-ET: Balance mensual de entradas y salidas potenciales de agua del suelo. La diferencia determina los meses secos ($P-ET < 0$); y, húmedos ($P-ET > 0$).
- |R: Reserva del suelo: En un mes donde hay más entradas que salidas ($P > ET$), el agua sobrante será almacenada en la reserva del suelo; por el contrario, cuando las salidas sean mayores que las entradas, la reserva del agua en el suelo se reducirá.

El suelo tiene una capacidad de retención de humedad en función de sus características físicas (capacidad de retención máxima del suelo). La capacidad máxima para retener agua se establece como la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez del cultivo, en este caso con fines climáticos se asume un valor de 80 mm.

La reserva del mes se calcula agregando la variación (P-ET). La reserva en el mes "i" se calcula mediante las expresiones:



$$R_i = R_{i-1} + (P_i - ET_i) \quad \text{si } 0 < R_{i-1} + (P_i - ET_i) < R_{\text{máx}}$$

$$R_i = R_{\text{máx}} \quad \text{si } R_{i-1} + (P_i - ET_i) > R_{\text{máx}}$$

$$R_i = 0 \quad \text{si } 0 > R_{i-1} + (P_i - ET_i)$$

La reserva se acumula mes a mes en el período húmedo y se reduce en el período seco. Se supone que después del período seco la reserva del suelo es nula. En consecuencia, se empieza el cálculo de "R" con el primer mes húmedo.

VR variación de la reserva: Es la diferencia entre la reserva del mes en el que se está realizando el cálculo y la reserva del mes anterior, entonces:

$$VR_i = R_i - R_{i-1}$$

ETR evapotranspiración real: La evapotranspiración potencial sólo se podrá alcanzar si hay agua disponible. La evapotranspiración real es por tanto el volumen de agua que realmente se evapora en el mes dependiendo de que haya suficiente agua disponible para evaporar y así llegar a la ET potencial o de referencia.

El agua disponible para evaporar en el mes es la correspondiente al aporte de la precipitación y de la reserva del suelo. En el período húmedo, la ET real es igual a la evaporación potencial; es decir:

$$ETR_i = ET_i.$$

En el período seco, la evaporación será igual al agua de precipitación y la variación de la reserva, entonces:

$$ETR_i = P_i + |VR_i|$$

D Déficit: falta de agua: Es el volumen de agua que falta para cubrir las necesidades potenciales de agua. El déficit de agua es:

$$D_i = ET_i - ETR_i.$$



Ex, *Exceso: exceso de agua:* Es el agua que excede de la reserva máxima y que se habrá perdido por escorrentía superficial o percolación. Por tanto:

$$Exi = [Pi - ETi - VRi] \quad si \ (Pi - ETi) > 0$$

$$Exi = 0 \quad si \ (Pi - ETi) \leq 0$$

➤ **Evapotranspiración Potencial (ETP)**

La Evapotranspiración Potencial (ETP) es un importante elemento del balance hídrico ya que determina las pérdidas de agua desde una superficie de suelo en condiciones definidas. La cuantificación de las pérdidas es indispensable para el cálculo de la capacidad de agua disponible en el suelo utilizada por las plantas para su crecimiento y producción. En contraste con la lluvia, permite establecer las necesidades de riego o drenaje en una región, mediante el cálculo de interrelación de las variables de temperatura y humedad relativa para cada mes, donde se obtiene la Evapotranspiración Potencial.

Los valores de evapotranspiración potencial (ETP) son requeridos para calcular el balance hídrico y realizar una clasificación climática. Para la obtención de este parámetro se utilizó la fórmula de Thornthwaite, la cual se describe a continuación:

$$ETP = ETP_{sin\ corr} \times \frac{N}{12} \times \frac{d}{30}$$

$$ETP_{sin\ corr} = 16 \times \left(\frac{10 \cdot t}{I} \right)^a$$

t: temperatura media mensual en °C

I: índice de calor anual ($I = \sum ij$)

$ij = (tj/5)^{1.514}$

a: parámetro que se calcula a partir de I según la expresión:

$$a = 0,000000675 \times I^3 - 0,0000771 \times I^2 + 0,01792 \times I + 0,49239$$

N: número de días del mes

d: horas de sol en el día

A partir de los datos registrados de la estación M0061 Lago Agrio Aeropuerto, se establecieron los valores de ETP. La Tabla N° 3.3.19 presenta los datos mensuales de ETP estimados.

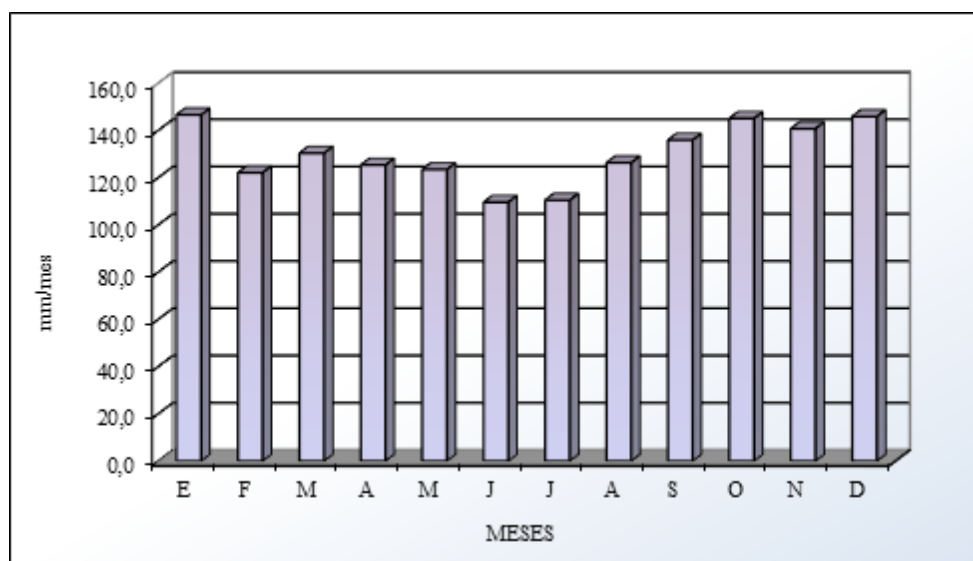
TABLA N° 3.3.19.- ETP MENSUAL Y ANUAL EN EL ÁREA DE INTERÉS (MM)

Estación	Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Lago Agrio Aeropuerto	M0061	146.6	122.1	130.4	125.4	123.5	109.6	110.5	126.3	135.9	145.1	140.8	145.9	1562.2

Fuente: DAC, 2017

La Figura N° 3.3.27 presenta la variación mensual de la evapotranspiración potencial en la zona de estudio.

FIGURA N° 3.3.27.- VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA ETP



Fuente: DAC, 2018

A continuación, en la Tabla N° 3.3.20 y en la Figura N° 3.3.28 se presenta el balance hídrico para el área de estudio. Para la determinación del balance se utilizó los valores mensuales medios de precipitación de la estación Lago Agrio Aeropuerto (más cercana al área de estudio), y la evaporación estimada con el método de Thornthwaite. La reserva máxima del suelo es 80 mm.

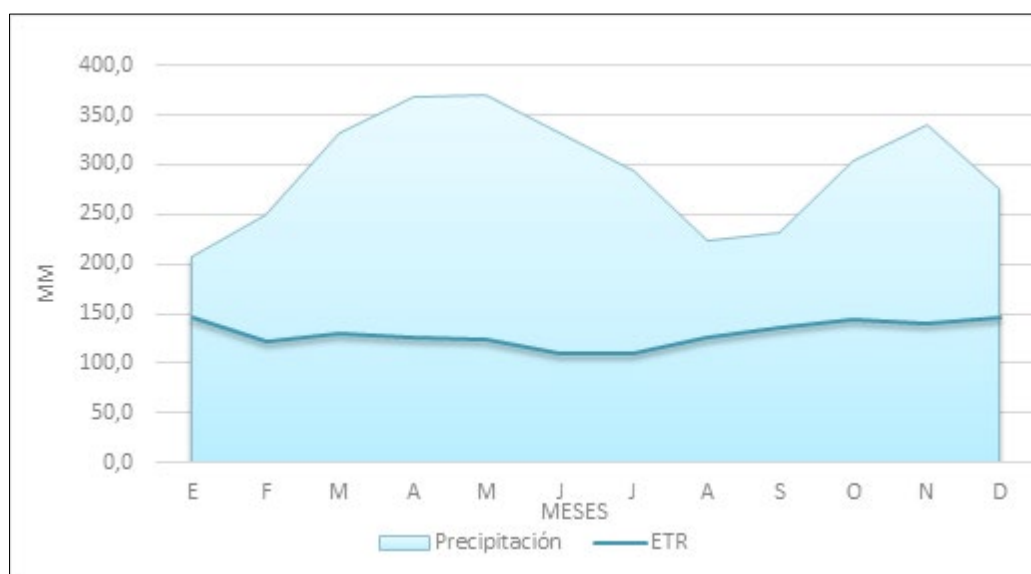
TABLA N° 3.3.20.- BALANCE HÍDRICO – ESTACIÓN LAGO AGRIO AEROPUERTO (MM)

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
P	207.4	249.8	331.7	367.6	370.3	331.9	294.0	222.9	230.9	304.1	339.2	275.4	3525.3
ETP	146.6	122.1	130.4	125.4	123.5	109.6	110.5	126.3	135.9	145.1	140.8	145.9	1562.2
P-ETP	60.8	127.6	201.3	242.2	246.9	222.3	183.5	96.6	95.0	159.0	198.4	129.5	1963.1
R	25.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	
ΔR	25.0	35.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
ETR	146.6	122.1	130.4	125.4	123.5	109.6	110.5	126.3	135.9	145.1	140.8	145.9	1562.2
Déficit	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Exceso	35.8	92.6	201.3	242.2	246.9	222.3	183.5	96.6	95.0	159.0	198.4	129.5	1903.1

Fuente: DAC, 2018

Se observa un exceso de agua en la zona, por tanto, debido a la disponibilidad de agua en el suelo, entonces la ETP es igual a la ETR. De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que existe un superávit hídrico durante todo el año.

FIGURA N° 3.3.28.- BALANCE HÍDRICO EN ESTACIÓN LAGO AGRIO AEROPUERTO



Fuente: DAC 2017

3.3.2.7 Calidad del Aire

Para determinar la calidad del Aire Ambiente en el área de estudio, se realizaron un (01) muestreos de forma semi continua, durante 24 horas, de los siguientes parámetros: CO, SO₂, NO₂, O₃, PM₁₀ y PM_{2.5}. La ubicación de los puntos se presenta a continuación:

**TABLA N° 3.3.21.- UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO DE CALIDAD DE AIRE**

Sitio / Localización	Punto	Datum WGS 84 UTM Zona 18S		Altura
		Este (m)	Norte (m)	msnm
Calidad de Aire Chiritza	Calidad de Aire Chiritza	330932	9991695	248

Datum: UTM WGS 84 Zona 18Sur
Fuente: Reporte Técnico Laboratorio Gruentec Cía. Ltda., 2022

En la siguiente tabla se presenta los valores promedio obtenidos en el sitio muestreado:

TABLA N° 3.3.22.- RESULTADOS DE PUNTOS DE MUESTREO CALIDAD DE AIRE

Sitio	Parámetro	Unidad	Media Aritmética	Límite máx. Norma*
Calidad de Aire Chiritza	CO	ug/m ³	promedio en 8 horas	
			547	10000
		ug/m ³	máximo valor en 1 hora	
	NO	ug/m ³	622	30000
			máximo valor en 1 hora	
	NO ₂	ug/m ³	184	N/A
			máximo valor en 1 hora	
	SO ₂	ug/m ³	95	200
			promedio en 24 horas	
		ug/m ³	<125	125
			promedio en 10 minutos	
	O ₃	ug/m ³	<125	500
			máximo valor en 8 horas	
	PM 10	ug/m ³	<98	100
			promedio en 24 horas	
	PM 2.5	ug/m ³	34	100
			promedio en 24 horas	
			16	50

* Norma de Calidad del Aire Ambiente o Nivel de Inmisión, Libro VI, Anexo 4 del A.M. 097-A
Condiciones de Referencia 298,15 °K, 101.3 kPa
Fuente: Reporte Técnico y Reporte de Análisis, Laboratorio Gruentec 2022
Ver 3.2.3.2 EVT-2211427 AIR001 CHIRITZA

En el Anexo 3.7.4, se presenta el registro fotográfico del muestreo.

➤ Interpretación de Resultados

Durante el monitoreo se encontró valores traza de ciertos parámetros, debido a que los mismos se encuentran normalmente en la naturaleza. Los valores censados indican que no hay efecto notorio de las emisiones a la atmósfera (gases de combustión, material particulado suspendido PM₁₀, PM_{2.5} y O₃) procedentes de fuentes móviles (vehículos) sobre los sitios que se realizó las mediciones y debido también al estado climático observado durante algunas etapas de la medición.



Durante el monitoreo hubo presencia de tráfico vehicular (circulación entre 12 y 25 vehículos por hora), en el área de evaluación del punto Calidad de Aire Chiritza los cuales no producen acumulación de contaminantes de manera que sobrepasen las normas de calidad de aire especialmente en NO_x, SO₂, CO y Material particulado MP₁₀, y PM_{2,5} (generados especialmente por las fuentes de emisión domésticas y naturales). Hubo también tráfico vehicular (entre 6 y 10 vehículos por hora) de vehículos especialmente en las vías de acceso secundarias de la zona bajo estudio. Estos no generan la suficiente acumulación de contaminantes de manera que sobrepasen las normas de calidad de aire.

La principal fuente de emisión de material particulado PM₁₀, PM_{2,5} para el punto de evaluación es la existencia de caminos de tercer orden característicos de la zona.

➤ Conclusiones

En los resultados detallados de la Tabla N° 3.3.22 se observa que el CO, NO_x, SO₂, O₃, Material Particulado PM₁₀ y PM_{2.5}, muestreados y medidos en el punto de muestreo, se encuentran por debajo del estándar de la norma aplicable, es decir los valores medidos indican que no hay efecto notorio de las emisiones a la atmósfera (gases de combustión, PM₁₀, PM_{2.5} y O₃)

En el Anexo 3.2.3.2, se encuentran el informe de resultados de Calidad de Aire.

3.3.2.8 Nivel de Presión Sonora

➤ Localización de Sitios de Muestreos

La localización de los sitios de muestreo se especifica en siguiente tabla:

TABLA N° 3.3.23.-LOCALIZACIÓN DE SITIOS DE MUESTREO DE RUIDO AMBIENTE

Medición	Código	Detalle	Distancia* (m)	Datum WGS 84 UTM Zona 18S	
				Este (m)	Norte (m)
Ruido Ambiental Pto. Inmisión	R1-1	Sitio MCRA1 Puente Cuyabeno, (Frente a embarcadero del río Cuyabeno) Aprox. a 5 m de camino principal (vía lastrada). Existen viviendas. En el día y noche ruido de vehículos y propias de las actividades del Sitio.	5	353581	9996563



Medición	Código	Detalle	Distancia* (m)	Datum WGS 84 UTM Zona 18S	
				Este (m)	Norte (m)
		Bosque secundario, en la noche ruido generado por aves y animales rastreros. Aprox. a 5 m de la vía principal.			
Ruido Ambiental Pto. Inmisión	R1-2	Aprox. A 45 m del punto R1-1. Puente Cuyabeno, (foco emisor, tráfico vehicular). Aprox. a 20 m de camino principal (vía lastrada). En el día y noche ruido de vehículos y propias de las actividades del sitio. Area parqueadero del embarcadero.	20	353605	9996601
Ruido Ambiental Pto. Inmisión	R1-3	Aprox. A 360 m del punto R1-1 en sentido opuesto al punto R1-2. Pasando el Puente Cuyabeno. (foco emisor tráfico vehicular). Aprox. a 5 m de camino vecinal (vía lastrada), En el día y noche ruido de vehículos y propias de las actividades del sitio.	5	353567	9996778
Ruido Ambiental Pto. Inmisión	R1-4	Punto Cóndor Mirador, (Tráfico vehicular- escuela abandonada) Aprox. a 5 m del camino principal (vía lastrada). Existen fincas con y viviendas. En el día y noche ruido de vehículos y propias de las actividades del Sitio. Centro poblado más cercano es Aguas Negras Aprox. A 9.0 Km. El sitio de medición fue realizado en la Escuela abandonada; en la noche ruido generado por aves y animales rastreros.	5	355872	9994480
Ruido Ambiental Pto. Inmisión	R1-5	Puente a río Aguas Negras. Aprox. A 9 km del punto R1-1, (Tráfico vehicular). Aprox. a 5 m de camino principal (vía lastrada). En el día y noche ruido generado por aves y animales rastreros y actividades propias de la zona.	5	357492	9988420
Ruido Ambiental Pto. Inmisión	R2-1	Sitio MCRA2 (Ingreso a Recinto Chiritza en la vía Tarapoa-Pacayacu) Aprox. a 400 m del punto del foco emisor evaluado (Estación de transferencia Chiritza) y a 800 m del centro poblado Chiritza (vía lastrada). Existen fincas y viviendas. En el día y noche existen ruido de aves y animales rastreros propios de la zona; El sitio de medición fue realizado en el camino vecinal, en la noche ruido generado por aves y animales rastreros.	800	331345	9991436
Ruido Ambiental Pto. Inmisión	R2-2	Aprox. A 550 m del punto R2-1 y Aprox. a 500 m de camino principal (vía asfaltada). Queda aprox. A 900 m de la Estación de Transferencia Chiritza. En el día y noche ruido generado por aves y animales rastreros y actividades propias de la zona.	300	330971	9991823
Ruido Ambiental Pto. Inmisión	R2-3	Aprox. A 760 m del punto R2-1. Aprox. a 10 m de la Unidad Educativa de Chiritza. Queda aprox. A 500 m de la Estación de Transferencia Chiritza. En el día y noche ruido generado por aves y animales rastreros y actividades propias de la zona.	10	330675	9991756
Ruido Ambiental Pto. Inmisión	R2-4	Casa Comunal de Chiritza. Aprox. A 630 m del punto R2-1. Aprox. a 50 m de camino principal (vía asfaltada). En el día y noche ruido generado por aves y animales rastreros y actividades propias de la zona.	50	330805	9991729
Ruido Ambiental Pto. Inmisión	R2-5	Sector La Loma de Chiritza (cerca de la Unidad Educativa Gabriela Mistral del Recinto) Aprox. a 3.5 Km del punto R2-1. La medición se realizó a 10 m de la vía asfaltada. Existen fincas y escasas viviendas. En el día y noche ruido de aves y animales rastreros	5	334097	9989141



Medición	Código	Detalle	Distancia* (m)	Datum WGS 84 UTM Zona 18S	
				Este (m)	Norte (m)
		y de actividades propias de la zona. Centro poblado más cercano. El sitio de medición fue realizado en el área de fincas, en la noche ruido generado por aves y animales rastreros.			
Ruido Ambiental Pto. Inmisión	R2-6	Puente río La Libertad. Aprox. A 11.8 km del punto R2-1, (Tráfico vehicular). Aprox. a 5 m de camino principal (vía lastrada). En el día y noche ruido generado por aves y animales rastreros y actividades propias de la zona.	5	342100	9976465
Ruido Ambiental Pto. Inmisión	R3-1	Sitio MCRA3 Garita Guardias ubicado en la Estación de Transferencia de Chiritza. (Aprox. a 25 m de la carretera (foco emisor de ruido actual). La estación en el momento de la medición estaba en la fase de implementación del equipo de generación, Variadores de energía, etc. El sitio de medición fue realizado en el interior de la estación, en la noche todavía existe ruido generado por aves y animales rastreros.	25	330343	9992102
Ruido Ambiental Pto. Inmisión	R3-2	Sector Variadores de energía eléctrica (futuro foco emisor). Aprox. A 95 m del punto R3-1. Aprox. a 10 m del lindero posterior de la Estación. En la noche todavía se genera ruido por aves y animales rastreros y actividades propias de la zona.	10	330364	9992193
Ruido Ambiental Pto. Inmisión	R3-3	Sector Tubería de Bombeo. Aprox. A 85 m del punto R3-1. Aprox. a 20 m del lindero lateral derecho de la Estación; Aprox. A 40 m de generadores (futuro foco emisor). En la noche todavía se genera ruido por aves y animales rastreros y actividades propias de la zona.	40	330304	9992171

* Distancias en línea recta desde cada uno de los focos emisores de ruido hasta los puntos de inmisión sensibles al ruido (detalle)

Fuente: Informe Técnico, VGM& S Cia. Ltda., 2020, Anexo 3.2.4

Datum: UTM WGS 84 Zona 18Sur

Los puntos muestreados en el campo fueron efectuados a lo largo del tramo RODA y en la Estación Chiritza.

En el Anexo 3.2.4 se encuentran los resultados del Muestreo de Ruido Ambiental y en el Anexo 3.7.5, se presenta el registro fotográfico del muestreo.

➤ Resultados

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos:

**TABLA N° 3.3.24.- RESULTADOS DE MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTE, MCRA 1
PUENTE CUYABENO**

Punto Medido	Nivel de Presión Sonora Corregido Total (dB)	# Personas Expuestas	Lím. Máx. dB(A) (Acuerdo Ministerial 097-A)	Estado de Cumplimiento (Acuerdo Ministerial 097-A)
	Equivalente ^(S)		07H01 a 21H00 a	
R1-1	48.7 ± 2.7	más de 1(a)	65	Cumple
R1-2	55.0 ± 2.0	más de 1(a)	65	Cumple
R1-3	51.6 ± 2.1	más de 1(a)	65	Cumple
R1-4	49.8 ± 2.0	más de 1(a)	65	Cumple
R1-5	53.2 ± 2.0	más de 1(a)	65	Cumple
	Equivalente ^(S)		21H01 a 07H00 a	-
R1-1	49.9 ± 2.2	más de 1(a)	45	No cumple
R1-2	52.0 ± 2.1	más de 1(a)	45	No cumple
R1-3	53.7 ± 2.0	más de 1(a)	45	No cumple
R1-4	50.3 ± 1.9	más de 1(a)	45	No cumple
R1-5	54.6 ± 2.1	más de 1(a)	45	No cumple

Fuente: Informe Técnico, VGM&S Cía. Ltda., 2020

Acuerdo Ministerial 097-A; Tabla 1: Niveles máximos de emisión de Ruido (Lkeq) para fuentes fijas de Ruido

Nota: Para todos los "Equivalente^(S)" Corresponde a la corrección de Lkeq, T= LAeq, T+Kf+Ki+Kt



Tabla N° 3.3.25.- Resultados de Medición de Ruido Ambiente, MCRA 2 recinto Chiritza

Punto Medido	Nivel de Presión Sonora Corregido Total (dB)	# Personas Expuestas	Lím. Máx. dB(A) (Acuerdo Ministerial 097-A)	Estado de Cumplimiento (Acuerdo Ministerial 097-A)
	Equivalente ^(S)		07H01 a 21H00 a	
R2-1	52.2 ± 2.0	más de 1(a)	65	Cumple
R2-2	46.1 ± 2.0	más de 1(a)	65	Cumple
R2-3	53.3 ± 2.0	más de 1(a)	65	Cumple
R2-4	50.3 ± 2.0	más de 1(a)	65	Cumple
R2-5	51.6 ± 2.4	más de 1(a)	65	Cumple
R2-6	56.2 ± 2.0	más de 1(a)	65	Cumple
	Equivalente ^(S)		21H01 a 07H00 a	-
R2-1	51.5 ± 1.8	más de 1(a)	45	No cumple
R2-2	47.7 ± 2.0	más de 1(a)	45	No cumple
R2-3	45.5 ± 1.7	más de 1(a)	45	No cumple
R2-4	51.4 ± 1.8	más de 1(a)	45	No cumple
R2-5	42.1 ± 2.0	más de 1(a)	45	Cumple
R2-6	51.9 ± 1.9	más de 1(a)	45	No cumple

Fuente: Informe Técnico, VGM&S Cia. Ltda., 2020

Acuerdo Ministerial 097-A; Tabla 1: Niveles máximos de emisión de Ruido (L_{eq}) para fuentes fijas de Ruido

Nota: Para todos los "Equivalente^(S)" Corresponde a la corrección de L_{eq}, T= L_{Aeq}, T+K_f+K_i+K_t

Nota 01: (a) Existen personas expuestas permanentemente

TABLA N° 3.3.26.- RESULTADOS DE MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTE EXTERNO, MCRA 3 ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA CHIRITZA

Punto Medido	Nivel de Presión Sonora Corregido Total (dB)	# Personas Expuestas	Lím. Máx. dB(A) (Acuerdo Ministerial 097-A)	Estado de Cumplimiento (Acuerdo Ministerial 097-A)
	Equivalente ^(S)		07H01 a 21H00	
R3-1	47.5 ± 1.99	más de 1(a)	65	Cumple
R3-2	44.8 ± 2.0	más de 1(a)	65	Cumple
R3-3	42.7 ± 2.0	más de 1(a)	65	Cumple
	Equivalente ^(S)		21H01 a 07H00	-
R3-1	45.5 ± 2.4	más de 1(a)	45	No cumple
R3-2	47.2 ± 2.1	más de 1(a)	45	No cumple
R3-3	48.1 ± 2.1	más de 1(a)	45	No cumple

Fuente: Informe Técnico, VGM&S Cia. Ltda., 2020

Acuerdo Ministerial 097-A; Tabla 1: Niveles máximos de emisión de Ruido (L_{eq}) para fuentes fijas de Ruido

Nota: Para todos los "Equivalente^(S)" Corresponde a la corrección de L_{eq}, T= L_{Aeq}, T+K_f+K_i+K_t

Nota 01: (a) Existen personas expuestas permanentemente (ruido de exposición al trabajo)

Las mediciones se realizaron a una temperatura ambiente promedio de día: 28.1 °C; noche: 20,8 °C, Humedad relativa: día: 54,3%; noche: 74,8%) y velocidad del viento: día: 1,2 m/s; noche: 0,7 m/s). (Cumpliendo con lo establecido en el Anexo A de la norma ISO 1996-2).

➤ Conclusión

Los focos emisores de ruido significativo corresponden a las actividades propias de la zona (ruidos silvestres) del Tramo entre los Bloques 57-58, para los sitios MCRA 1



(constituido por cinco puntos de evaluación), MCRA 2 (constituido por seis puntos de evaluación) y MCRA 3 (constituido por tres puntos de evaluación).

El monitoreo de ruido ambiente en horario nocturno determinó que todos los puntos medidos sobrepasan el límite de la norma, pudiendo deberse al aporte de sonidos de animales nocturnos (ruidos silvestres) y la temperatura, debido a que al ser más baja las ondas de ruido tienden a disiparse con mayor facilidad a nivel del suelo.

En cuanto al ruido ambiente en horario diurno todas las muestras cumplen con lo establecido en la Tabla 1 del Anexo 5 del A.M 097^a.

3.3.2.9 Hidrología

La caracterización hidrológica permite determinar el comportamiento a nivel espacial y temporal, de los principales drenajes.

Considerando la cartografía disponible, determina inconsistencia en el drenaje debido a que las variaciones de elevación en el área son mínimas, por tanto, se presenta cierta complejidad en el análisis de drenajes a nivel de subcuencas y la definición de las áreas de drenaje, por la presencia de áreas pantanosas.

El tramo del oleoducto entre la abscisa 45+600 y la abscisa 98+500, va paralelo a la vía Lago Agrio- Tarapoa – Cuyabeno. En este tramo se identifican varios drenajes que atraviesan la vía y por tanto cruzan también con el oleoducto. Se han identificado en la cartografía 1:25.000, que el oleoducto tiene 55 cruces con cuerpos de agua, de los cuales para el análisis hidrológico se han considerado 23 cruces.

De acuerdo a la codificación de unidades hidrográficas de la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), conforme al método Pfafstetter, de acuerdo al nivel 5 el área de estudio se localiza dentro de la cuenca del río Aguarico (Unidad hidrográfica 49786).

En la Figura N° 3.3.29 se puede observar las cuencas hidrográficas consideradas de interés.



Se han establecido sitios de interés a lo largo del tramo de análisis, asociados con los cruces entre el oleoducto secundario y la red de drenaje, adicionalmente los sitios donde se realizaron las mediciones, el detalle de los sitios considerados de interés se incluye a continuación.

TABLA N° 3.3.27.- CRUCES DEL OLEODUCTO CON LA RED HÍDRICA, TRAMO 45+600 HASTA 98+500

No.	Abscisa (m)	Código	Nombre Cuerpo Hídrico
1	48+200	PMI 01	Rio Cuyabeno Chico
2	48+645	PMI 02	Rio Cuyabeno
3	51+305	PMI 03	Quebrada SN Mirador
4	55+431	PMI 04	Quebrada Iwia Marian 10
5	-	PMI 05	Quebrada Iwia Marian 4 10
6	-	PMI 06	Quebrada SN Iwia
7	60+858	PMI 07	Río Tarapoa
8	65+355	PMI 08	Canal Aguas Negras
9	69+424	PMI 09	Quebrada SN vía antigua
10	-	PMI 10	Quebrada SN Camp Satélite
11	74+660	PMI 11	Pantano Vía Tarapoa
12	77+501	PMI 12	Pantano El Triunfo
13	80+806	PMI 13	Rio Libertad
14	84+107	PMI 14	Pantano Estero Paz y Bien
15	88+540	PMI 15	Quebrada SN Buena Fe
16	92+723	PMI 16	Rio 17 de Abril
17	95+272	PMI 17	Rio Chiritza
18	97+337	PMI 18	Pantano
19	-	PMI 19	Quebrada SN Derrame
20	91+690	PMI 20	Estero SN 1
21	90+895	PMI 21	Estero SN 2
22	87+580	PMI 22	Pantano
23	49+550	PMI 23	Estero SN 3

Fuente: Envirotec Cía. Ltda., 2020

Hacia el inicio del tramo de interés del oleoducto secundario (en la zona norte), transita el río Cuyabeno, que es el cauce.

En el área de Tarapoa se identifican los ríos Tarapoa y el río Tarapuy. El río Tarapuy se forma de la unión del estero Paz y Bien con el río San José, por donde cruza la línea de transmisión, toma el nombre de río Tarapuy.

En esta zona se observan humedales, o áreas de inundación permanente (pantanos) resultantes de las lluvias a lo largo del año y la morfología de las áreas de drenaje en la zona.

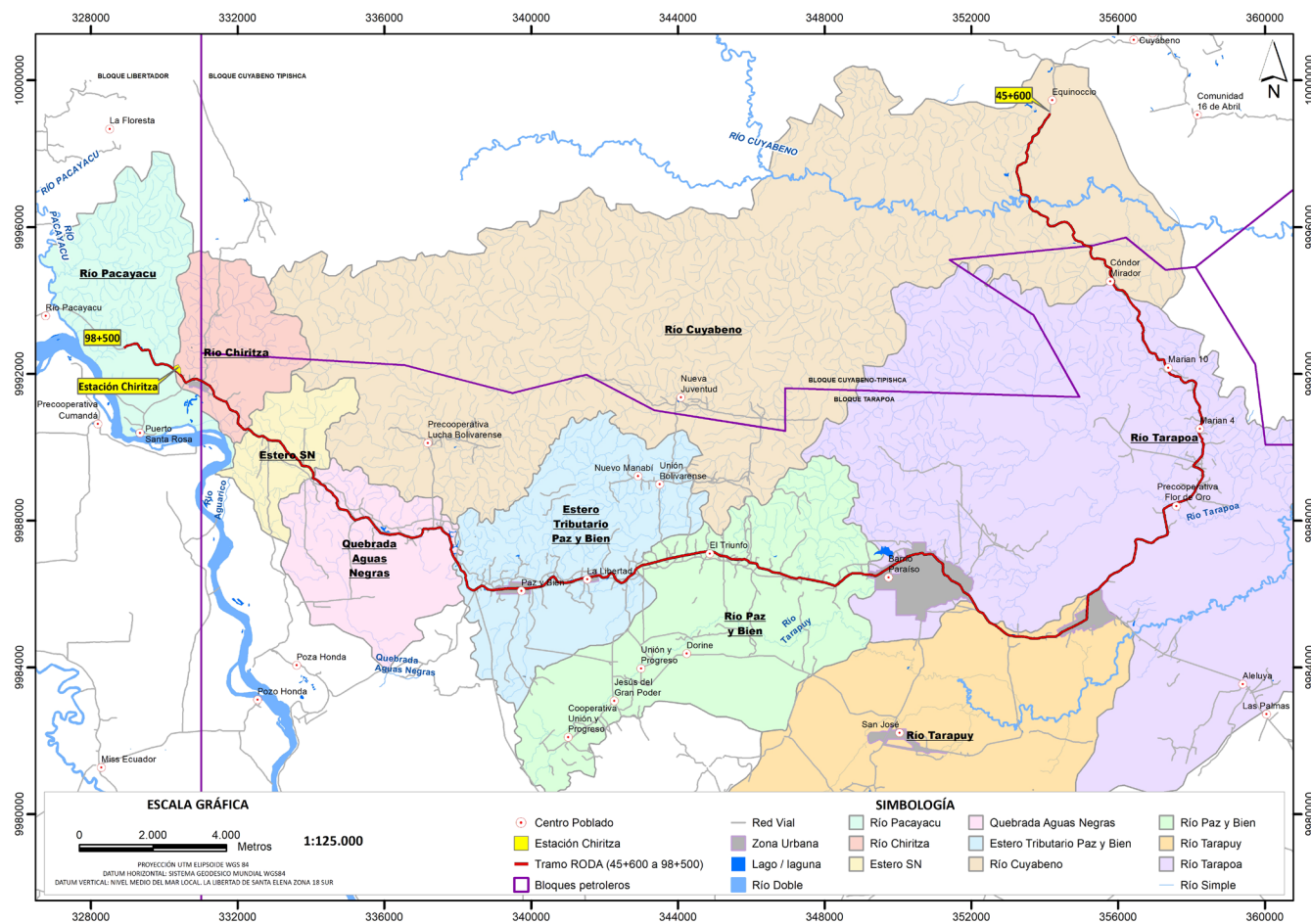


Los pantanos se han formado por la baja capacidad de infiltración de los suelos compuestos en alto porcentaje por materiales finos (arcillas).

En áreas de pantano se han incorporado canales de drenaje para evacuar las aguas, áreas donde se realizan actividades antrópicas agrícolas. La inclusión de estos canales, junto con la implantación de vías han provocado la modificación de los drenajes naturales de la zona.

En la zona, las cuencas presentan una respuesta lenta a la ocurrencia de eventos de precipitación importantes, se aprecia por lo tanto el importante efecto de embalsamiento que existe en toda el área de estudio, por la presencia de áreas pantanosas.

FIGURA N° 3.3.29.- CUENCAS Y SUBCUENCAS DEL ÁREA DE ESTUDIO



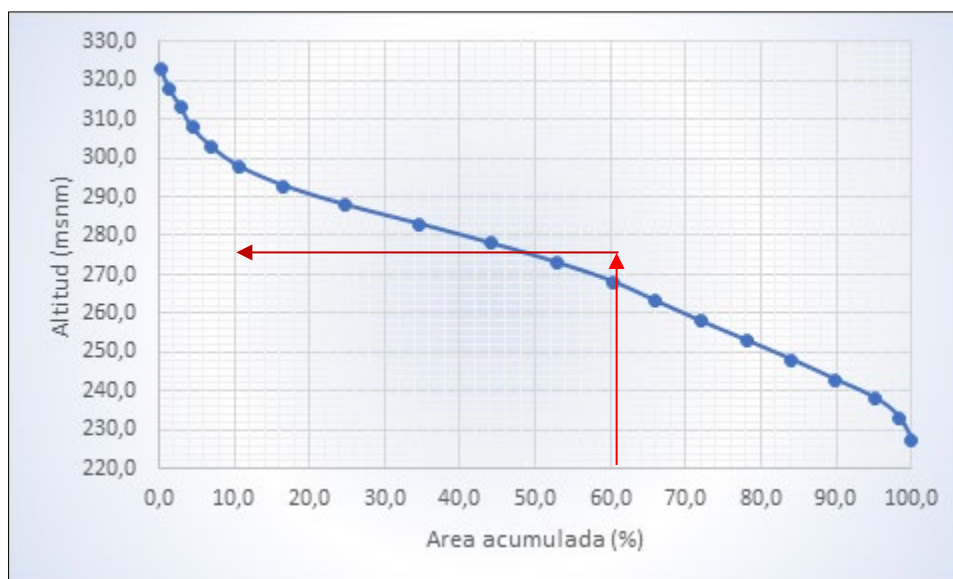
Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2020

➤ Características Físicas de la Subcuenca de Drenaje

En la Tabla N° 3.3.28 se incluyen las características físicas de las subcuencas y cauces de interés a lo largo del oleoducto, en el tramo de análisis.

La altitud media de las subcuencas se ha determinado mediante el modelo de elevación digital del terreno (DEM), obteniendo un promedio la información de altitud de las celdas en cada subcuenca. A manera de ejemplo se ha obtenido la curva hipsométrica de la subcuenca del río Cuyabeno. La Figura N° 3.3.15 muestra la curva hipsométrica del río Cuyabeno.

FIGURA N° 3.3.30.- CURVA HIPSOMÉTRICA DEL RÍO CUYABENO



Fuente: Envirotec Cía. Ltda., 2020

Determinado el promedio de las celdas de modelo de elevación en la subcuenca del río Cuyabeno se determina un valor de 270.0 msnm la altitud media de la subcuenca, en tanto que en la Figura anterior considerando un área acumulada del 50%, le corresponde una altura media aproximada de 274.0 msnm. Los dos métodos aplicados determinan alturas similares, por lo que se determinó la altitud media de las subcuencas considerando la información ráster de elevaciones para cada subcuenca.

**TABLA N° 3.3.28.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS SUBCUENCAS DEL OLEODUCTO TRAMO 45+600 HASTA 98+500**

Código	Nombre Cuerpo Hídrico	A (km ²)	P (km)	Lp (m)	Hmáx (msnm)	Hmín (msnm)	S (%)	Sp (%)	Sc (%)	DD (Km/km ²)	La (m)	B (km)	Kf	Kc	Hmed (msnm)	Orden	Tc (min)
PMI 01	Rio Cuyabeno Chico	1.05	4.66	2055	260	224	1.767	1.369	6.78	3.79	1706	0.62	0.30	1.27	244	2	63
PMI 02	Rio Cuyabeno	351.49	114.99	52124	293	223	0.133	0.123	9.02	3.91	35556	9.89	0.19	1.72	270	5	1241
PMI 03	Quebrada SN Mirador	1.98	5.80	1258	262	229	2.659	2.892	10.30	4.43	1736	1.14	0.90	1.16	264	3	58
PMI 04	Quebrada Iwia Marian 10	1.62	6.70	2397	274	248	1.089	1.165	13.21	5.00	2173	0.74	0.31	1.47	267	3	85
PMI 05	Quebrada Iwia Marian 4 10	5.27	9.13	5029	274	224	0.997	0.915	10.49	2.56	4550	1.16	0.23	1.11	251	3	131
PMI 06	Quebrada SN Iwia	2.23	8.04	2464	287	226	2.457	1.654	22.72	4.27	2373	0.94	0.38	1.51	255	3	66
PMI 07	Río Tarapoa	67.05	41.09	13145	269	222	0.357	0.129	8.49	2.83	11119	6.03	0.46	1.41	239	5	474
PMI 08	Canal Aguas Negras	0.62	3.64	1360	233	228	0.340	0.184	2.30	2.19	1360	0.45	0.33	1.30	229	2	119
PMI 09	Quebrada SN vía antigua	8.36	13.92	3504	239	228	0.312	0.200	6.86	1.64	3495	2.39	0.68	1.35	238	3	248
PMI 10	Quebrada SN Campamento Satélite	0.98	4.71	2025	255	227	1.344	0.726	7.62	3.75	1669	0.59	0.29	1.33	236	2	73
PMI 11	Pantano Vía Tarapoa antigua	8.62	13.95	3975	284	233	1.283	0.679	14.27	3.88	3444	2.50	0.63	1.33	252	4	132
PMI 12	Pantano El Triunfo	1.25	5.45	1962	268	239	1.499	0.871	20.42	1.62	1725	0.73	0.37	1.36	252	2	72
PMI 13	Rio Libertad	21.06	23.58	6613	266	235	0.465	0.347	11.56	4.40	5968	3.53	0.53	1.44	250	4	266
PMI 14	Pantano Estero Paz y Bien	0.83	4.10	1192	281	246	2.953	2.708	16.03	2.67	1087	0.77	0.64	1.26	267	2	44
PMI 15	Quebrada SN Buena Fe	0.96	4.28	1595	284	252	2.027	1.509	21.94	3.91	1356	0.71	0.44	1.22	269	2	56
PMI 16	Rio 17 de Abril	3.79	10.74	3395	295	249	1.360	1.468	24.98	3.90	2941	1.29	0.38	1.55	280	4	97
PMI 17	Rio Chiritza	10.28	15.26	4556	316	255	1.320	0.936	22.03	3.82	4057	2.53	0.56	1.33	279	4	134
PMI 18	Pantano	1.56	5.48	2317	312	251	2.640	2.892	25.63	4.62	2192	0.71	0.31	1.23	295	3	56
PMI 19	Quebrada SN Derrame	0.52	3.00	1415	259	223	2.555	2.326	13.49	4.27	981	0.53	0.38	1.16	243	2	42
PMI 20	Estero SN 1	0.52	3.57	961	286	264	2.315	2.532	23.37	4.52	814	0.64	0.66	1.39	280	2	42
PMI 21	Estero SN 2	0.72	4.34	1335	288	268	1.473	1.395	26.64	5.01	1211	0.60	0.45	1.43	280	2	59
PMI 22	Pantano	1.13	4.38	972	265	253	1.279	0.831	18.89	3.29	828	1.37	1.41	1.15	267	3	73
PMI 23	Estero SN 3	1.73	6.17	2003	270	229	2.059	2.306	20.49	4.19	1921	0.90	0.45	1.32	260	3	63

Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2020

Clave:

A – Área de drenaje (km²)
P – Perímetro de la microcuenca (km)
Lp – Longitud del cauce principal (m)
Hmáx – Cota máxima del cauce (msnm)
Hmín – Cota mínima del cauce (msnm)
S – Pendiente media del cauce (%)

Sp - Pendiente ponderada del cauce (%)
Sc – Pendiente de la cuenca (%)
DD – Densidad de drenaje (km/km²)
La – Longitud axial (m)
B – Ancho de la subcuenca (km)
Kf – Coeficiente de forma

Kc – Coeficiente de compacidad
Hmed – Altitud media de la subcuenca (msnm)
Orden – Orden de la corriente
Tc – Tiempo de concentración (min)



Las áreas de drenaje consideradas de interés a lo largo del oleoducto corresponden a cuencas hidrográficas pequeñas, por cuanto la superficie de las mismas es menor a 250 km². Únicamente la subcuenca del río Cuyabeno presenta un área de drenaje intermedia superior a 250 km².

En general, las áreas de drenaje tienen un coeficiente de forma Kf bajo menor que 1 y un coeficiente de compacidad Kc mayor a 1, lo que indica una forma irregular de las subcuencas.

De acuerdo, a FAO 1985, Kc en el Rango entre 1.25 y 1.50, corresponde a forma oval redonda a oval oblonga. Valores de Kc entre 1.25 y 1.00 determinan formas más redondas. El coeficiente de forma Kf determina que las subcuencas son alargadas. Y de acuerdo con el Kc las subcuencas son mayormente ovaladas.

La densidad de drenaje determina que las subcuencas son bien drenadas ($DD \geq 3.0$), pero las bajas pendientes y la morfología del área determinan zonas pantanosas.

Las pendientes de los cauces son bajas ($S \leq 3.0\%$), aspecto que se asocia una concentración de caudales lenta, velocidades de flujo bajas en los cauces, por tanto, tiempos de concentración elevados. Adicionalmente, debido a las bajas pendientes los cauces forman meandros en varias zonas.

Las pendientes de las superficies de drenaje de las subcuencas mayormente se ubican en el rango de 12 a 25% (pendientes medias), por la presencia de áreas colinadas.

La variación entre la altura máxima y mínima, determinan la presencia de áreas colinadas, valles fluviales y depresiones pantanosas.

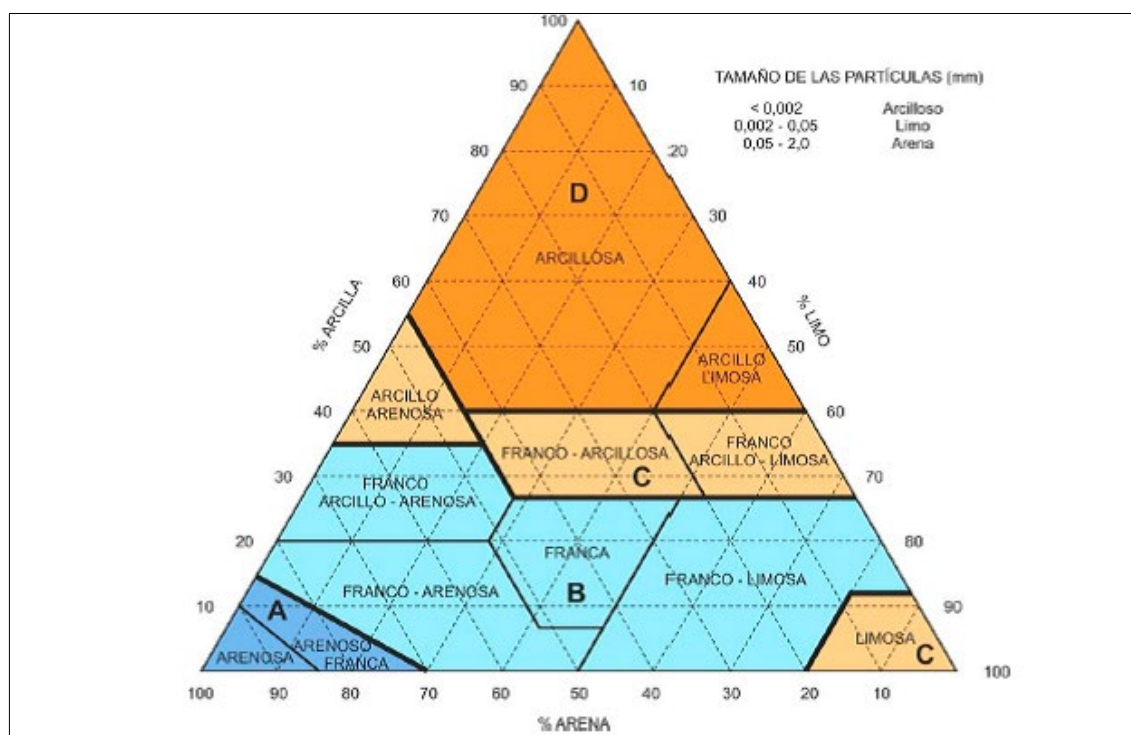
De acuerdo al orden de los cauces la red de drenaje es bifurcada, lo que determinaría unas condiciones de drenaje moderadas a buenas en las subcuencas. La red de drenaje presenta patrones de drenaje tipo dendrítico.

Tipo de suelo – Taxonomía

Considerando el mapa de Geopedología, escala 1:25000 del IEE, MAGAP, 2017 se han identificado la textura de los suelos en las subcuencas de interés. Se ha asociado dicha textura con los diferentes grupos hidrológicos (Ver Figura N° 3.3.31), para el posterior cálculo de los parámetros de infiltración en la evaluación de los caudales máximos.

El Anexo Cartográfico presenta el Mapa de tipo de suelo Taxonomía.

FIGURA N° 3.3.31.- GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO EN FUNCIÓN DE LA TEXTURA



Fuente: <https://www.eadic.com/>

En general, se presentan suelos Arcillosos (D) y Franco Arcillosos (C) en las subcuencas del área de estudio, la Tabla N° 3.3.29 muestra los tipos de suelo en las subcuencas de interés.



**TABLA N° 3.3.29.- TIPOS DE SUELO EN SUBCUENCAS DEL OLEODUCTO TRAMO 45+600
HASTA 98+500**

Código	Nombre Cuerpo Hídrico	Textura Superficial	Descripción	Área (km ²)	GHS
PMI 01	Rio Cuyabeno Chico	Arcilloso	Suelos arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH muy ácido, MO baja, CIC muy alto, SB baja	0.840	D
		Franco arenoso	Suelos franco-arenosos, moderadamente drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja	0.206	B
		No aplicable	No aplicable	0.008	D
PMI 02	Rio Cuyabeno	Arcilla pesada	Suelos arcillosos (> 60 %), bien drenados, muy superficiales, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	117.198	D
		Arcilloso	Suelos arcillosos, moderadamente drenados, poco profundos, pH ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja	80.839	D
		Franco arcilloso	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	142.853	C
		Franco arenoso	Suelos franco-arenosos, moderadamente drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja	10.038	B
		No aplicable	No aplicable	0.562	D
PMI 03	Quebrada SN Mirador	Arcilla pesada	Suelos arcillosos (> 60 %), moderadamente drenados, superficiales, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	1.974	D
		Franco arcilloso	Suelos franco-arcillosos, mal drenados, muy superficiales, pH muy ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja	0.001	C
PMI 04	Quebrada Iwia Marian 10	Arcilla pesada	Suelos arcillosos (> 60 %), moderadamente drenados, superficiales, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	1.217	D
		Arcilloso	Suelos arcillosos, mal drenados, superficiales, pH muy ácido, MO baja, CIC alto, SB baja	0.165	D
		Franco arcilloso	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH muy ácido, MO baja, CIC alto, SB baja	0.234	C
PMI 05	Quebrada Iwia Marian 4 10	Arcilla pesada	Suelos arcillosos (> 60 %), moderadamente drenados, superficiales, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	2.136	D
		Franco arcilloso	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH muy ácido, MO baja, CIC alto, SB baja	1.518	C
PMI 06	Quebrada SN Iwia	Arcilla pesada	Suelos arcillosos (> 60 %), moderadamente drenados, superficiales, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	2.235	D
PMI 07	Río Tarapoa	Arcilla pesada	Suelos arcillosos (> 60 %), moderadamente drenados, superficiales, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	9.122	D
		Arcilloso	Suelos arcillosos, mal drenados, muy superficiales, pH muy ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	5.297	D
		Franco arcilloso	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH muy ácido, MO baja, CIC alto, SB baja	43.998	C
		Franco limoso	Suelos franco-limosos, mal drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC medio, SB baja	0.143	B
PMI 08	Canal Aguas Negras	Arcilloso	Suelos arcillosos, mal drenados, muy superficiales, pH muy ácido, MO media, CIC bajo, SB baja	0.297	D
		Franco arcilloso	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH muy ácido, MO baja, CIC alto, SB baja	0.289	C



Código	Nombre Cuerpo Hídrico	Textura Superficial	Descripción	Área (km ²)	GHS
		Franco limoso	Suelos franco-limosos, mal drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC medio, SB baja	0.032	B
PMI 09	Quebrada SN vía antigua	Arcilloso	Suelos arcillosos, mal drenados, superficiales, pH muy ácido, MO baja, CIC alto, SB baja	0.071	D
		Franco arcilloso	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH muy ácido, MO baja, CIC alto, SB baja	3.856	C
		Franco limoso	Suelos franco-limosos, mal drenados, superficiales, pH ligeramente ácido, MO baja, CIC medio, SB baja	4.436	B
PMI 10	Quebrada SN Campamento Satélite	Franco arcilloso	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH muy ácido, MO baja, CIC alto, SB baja	0.982	C
PMI 11	Pantano Vía Tarapoa	Arcilla pesada	Suelos arcillosos (> 60 %), moderadamente drenados, superficiales, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	5.108	D
		Arcilloso	Suelos arcillosos, bien drenados, profundos, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	1.291	D
		Franco arcilloso	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH muy ácido, MO baja, CIC alto, SB baja	2.218	C
PMI 12	Pantano El Triunfo	Arcilla pesada	Suelos arcillosos (> 60 %), moderadamente drenados, superficiales, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	0.416	D
		Arcilloso	Suelos arcillosos, bien drenados, profundos, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	0.836	D
PMI 13	Rio Libertad	Arcilla pesada	Suelos arcillosos (> 60 %), moderadamente drenados, superficiales, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	0.005	D
		Arcilloso	Suelos arcillosos, bien drenados, profundos, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	20.223	D
PMI 14	Pantano Estero Paz y Bien	Arcilloso	Suelos arcillosos, bien drenados, profundos, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	0.834	D
PMI 15	Quebrada SN Buena Fe	Arcilloso	Suelos arcillosos, bien drenados, profundos, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	0.741	D
		Franco arcilloso	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH muy ácido, MO baja, CIC muy alto, SB baja	0.221	C
PMI 16	Rio 17 de Abril	Arcilla pesada	Suelos arcillosos (> 60 %), moderadamente drenados, superficiales, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	2.192	D
		Arcilloso	Suelos arcillosos, bien drenados, profundos, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	1.153	D
		Franco limoso	Suelos franco-limosos, moderadamente drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO media, CIC medio, SB baja	0.441	B
PMI 17	Rio Chiritza	Arcilla pesada	Suelos arcillosos (> 60 %), moderadamente drenados, superficiales, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	8.362	D
		Arcilloso	Suelos arcillosos, bien drenados, profundos, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	1.239	D
		Franco	Suelos francos, mal drenados, poco profundos, pH prácticamente neutro, MO media, CIC bajo, SB media	0.082	B
		Franco limoso	Suelos franco-limosos, bien drenados, profundos, pH prácticamente neutro, MO baja, CIC muy bajo, SB alta	0.599	B
PMI 18	Pantano	Arcilla pesada	Suelos arcillosos (> 60 %), moderadamente drenados, superficiales, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	1.501	D
		Franco limoso	Suelos franco-limosos, bien drenados, profundos, pH prácticamente neutro, MO baja, CIC muy bajo, SB alta	0.064	B



Código	Nombre Cuerpo Hídrico	Textura Superficial	Descripción	Área (km ²)	GHS
PMI 19	Quebrada SN Derrame	Arcilloso	Suelos arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH muy ácido, MO baja, CIC muy alto, SB baja	0.520	D
		Franco arenoso	Suelos franco-arenosos, moderadamente drenados, poco profundos, pH ligeramente ácido, MO alta, CIC bajo, SB baja	0.001	B
PMI 20	Estero SN 1	Arcilloso	Suelos arcillosos, bien drenados, profundos, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	0.517	D
PMI 21	Estero SN 2	Arcilloso	Suelos arcillosos, bien drenados, profundos, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	0.724	D
PMI 22	Pantano	Arcilloso	Suelos arcillosos, bien drenados, profundos, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	0.904	D
		Franco arcilloso	Suelos franco-arcillosos, bien drenados, muy superficiales, pH muy ácido, MO baja, CIC muy alto, SB baja	0.230	C
PMI 23	Estero SN 3	Arcilla pesada	Suelos arcillosos (> 60 %), moderadamente drenados, superficiales, pH muy ácido, MO media, CIC muy alto, SB baja	1.726	D

Fuente: IEE MAGAP, 2017

➤ Estaciones hidrológicas

La estación hidrométrica considerada en el análisis se incluye en la Tabla N° 3.3.30, se toman en cuenta datos de caudales a nivel diario, mensual y anual.

TABLA N° 3.3.30.- INFORMACIÓN DE CAUDALES DISPONIBLE

Estación	Código	Longitud	Latitud	Altitud (msnm)	Período	Área (km ²)
Aguarico Nueva Loja	H1133	76° 48' 29" W	00° 02' 38" N	299	2001 – 2013	4333

Fuente: INAMHI, 2015

➤ Hidrometría – Aforos líquidos en sitios de interés

Se levantó información hidrológica directa de los sitios de cruce del oleoducto en el tramo interés con la red de drenaje.

Las actividades realizadas en campo incluyeron la ejecución de aforos líquidos y el levantamiento de las secciones transversales de los cauces.

La campaña de aforos líquidos se realizó durante el período 16 al 21 de diciembre de 2019, y se hicieron 19 mediciones.

Las mediciones de aforos líquidos son efectuadas por el método área-velocidad. Los equipos utilizados en las mediciones hidrológicas fueron:

- Molinete marca OTT C31.
- Contador electrónico de revoluciones Marca Seba.
- Hélice marca OTT 4-194456
- Hélice marca OTT 2-38599
- Un escandallo de 25 Kg
- Un Torno marca SEBA
- Flotador
- Riel de soporte del torno
- Juego de barras graduadas
- Mira de 4 m
- Un Cable de barras
- Una cuerda abscisada
- GPS
- Clinómetro
- Flexómetro

Durante la ejecución de los aforos líquidos se cumplieron las siguientes actividades:

- Registro de ubicación y condiciones generales de la sección de aforo
- Registro hora de inicio de aforo
- Registro de abscisa y profundidad en la orilla izquierda
- Medición y registro de abscisas, profundidades y las velocidades de flujo; para la determinación de la velocidad se establece el número de puntos en los cuales se debe medir esta variable, determinando el número de revoluciones en un tiempo determinado de al menos 30 segundos.
- Registro de abscisa y profundidad en la orilla derecha
- Registro hora de final de aforo



- Levantamiento de la sección transversal considerando los niveles de crecida.

Las ecuaciones de las hélices utilizadas para la realización de los trabajos de campo fueron:

Hélice # 4-194456

$$V = 0.1338 n + 0.0230 \quad \text{para } n \text{ menor que } 4.17$$

$$V = 0.1314 n + 0.0330 \quad \text{para } n \text{ menor que } 18.79$$

Hélice # 2-38599

$$V = 0.4815 n + 0.0190 \quad \text{para } n \text{ menor que } 0.490$$

$$V = 0.5160 n + 0.0020 \quad \text{para } n \text{ menor que } 100.000$$

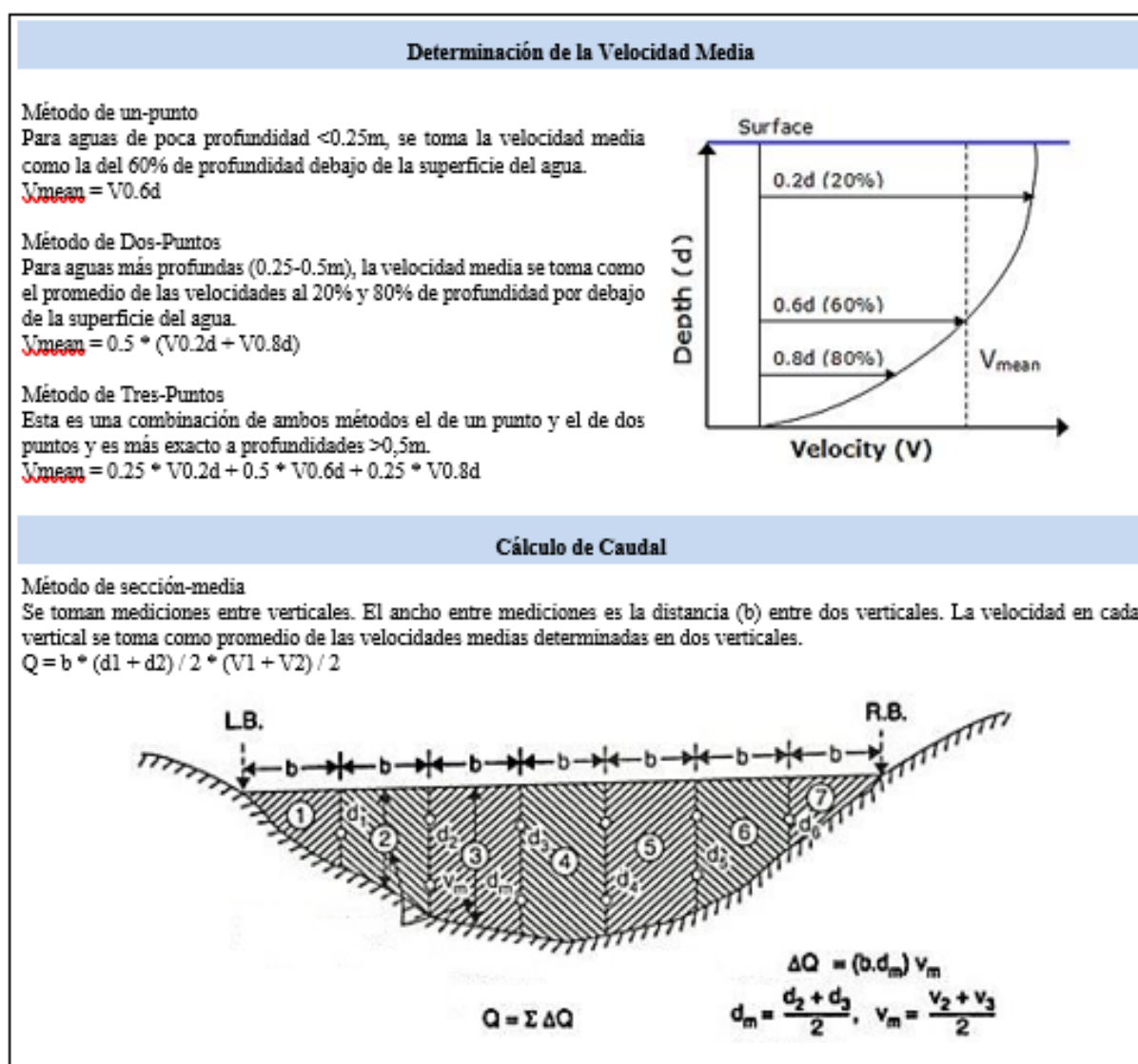
Cálculo de aforos

La medición del ancho, de la profundidad y de la velocidad, permite calcular el caudal correspondiente a cada segmento de la sección transversal, aplicando la ecuación:

$$\text{Caudal (Q)} = \text{Velocidad (V)} * \text{Área (A)}$$

La integración de los caudales parciales de segmentos representa el caudal total. La Figura N° 3.3.17 muestra el método de cálculo de los aforos.

FIGURA N° 3.3.32.-CÁLCULO DE AFORO – MÉTODO VELOCIDAD ÁREA



A continuación, en la Tabla N° 3.3.26 se presenta un resumen de la información levantada en campo que incluye la ubicación geográfica y los principales resultados de las mediciones realizadas.

El Anexo Cartográfico incluye la ubicación geográfica de los sitios de aforo, donde se ha levantado información hidrológica in situ.

Los cálculos de los aforos líquidos realizados en campo se incluyen en el Anexo 3.9.1 del componente de hidrología. Adicionalmente en el Anexo 3.9.2 se presentan las secciones transversales de los cauces levantadas.



**TABLA N° 3.3.31.- UBICACIÓN DE SITIOS DE AFORO E INFORMACIÓN DE MEDICIONES
(UTM-WGS84 18S)**

Código	Nombre Cuerpo Hídrico	Coordenadas WGS 84 UTM Z18S		Altitud (msnm)	Fecha	Hora	Q (m³/s)	A (m²)	Vmed (m/s)	Hmáx (m)	B (m)
		Este (m)	Norte (m)								
PMI 01	Rio Cuyabeno Chico	353338	9996991	257,0	16/12/2019	14:55	0,985	23,720	0,041	2,000	16,000
PMI 02	Rio Cuyabeno	353578	9996687	229,0	17/12/2019	07:55	20,950	61,660	0,339	3,300	26,000
PMI 03	Quebrada SN Mirador	355223	9995336	227,0	16/12/2019	16:52	0,009	0,067	0,147	0,100	0,900
PMI 04	Quebrada Iwia Marian 10	357223	9992365	238,0	17/12/2019	10:50	0,216	0,460	0,469	0,160	3,600
PMI 05	Quebrada Iwia Marian 4 10	356150	9990147	267,0	17/12/2019	13:25	0,264	1,170	0,226	0,380	4,200
PMI 06	Quebrada SN Iwia	357641	9989685	282,0	17/12/2019	15:00	0,117	0,891	0,131	0,390	4,200
PMI 07	Río Tarapoa	357471	9988420	229,0	18/12/2019	08:24	2,990	18,300	0,163	1,650	20,000
PMI 08	Canal Aguas Negras	355101	9985526	227,0	18/12/2019	10:35	0,028	1,050	0,027	0,300	4,500
PMI 09	Quebrada SN vía antigua	351921	9985959	229,0	18/12/2019	11:35	0,245	5,430	0,045	0,960	6,800
PMI 10	Quebrada SN Campamento Satélite	351753	9986656	227,0	20/12/2019	11:38	0,041	1,390	0,030	0,740	2,700
PMI 11	Pantano Vía Tarapoa antigua	347608	9986360	196,0	20/12/2019	09:35	0,003	0,102	0,025	0,120	1,100
PMI 12	Pantano El Triunfo	344982	9987122	203,0	20/12/2019	08:20	0,108	1,220	0,089	0,360	4,000
PMI 13	Río Libertad	342098	9986458	238,0	19/12/2019	15:23	1,220	4,320	0,281	1,000	6,000
PMI 14	Pantano Estero Paz y Bien	339021	9986111	243,0	19/12/2019	13:40	0,018	0,109	0,173	0,150	1,000
PMI 15	Quebrada SN Buena Fe	335998	9987637	251,0	19/12/2019	12:01	0,028	0,505	0,055	0,180	4,200
PMI 16	Río 17 de Abril	333105	9990105	238,0	19/12/2019	10:47	0,207	0,864	0,240	0,270	5,400
PMI 17	Río Chiritza	331252	9991446	236,0	19/12/2019	09:30	0,875	1,180	0,741	0,240	6,500
PMI 18	Pantano	329710	9992307	217,0	19/12/2019	08:05	0,193	2,040	0,094	0,550	4,000
PMI 19	Quebrada SN Derrame	353710	9997509	224,0	18/12/2019	15:30	0,023	0,162	0,144	0,190	1,200

Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2020

Q – Caudal (m³/s)

A – Área de la sección transversal (m²)

Vmed - Velocidad media del agua (m/s)

Hmáx – Profundidad máxima del agua (m)

B – Ancho en la superficie del agua (m)

➤ Series de caudales medios mensuales en estaciones

La única estación hidrológica existente en la región corresponde a H1133 Aguarico en Nueva Loja.

La serie de caudales registrados en la estación H1133 Aguarico en Nueva Loja se incluye a continuación en la Tabla N° 3.3.32.



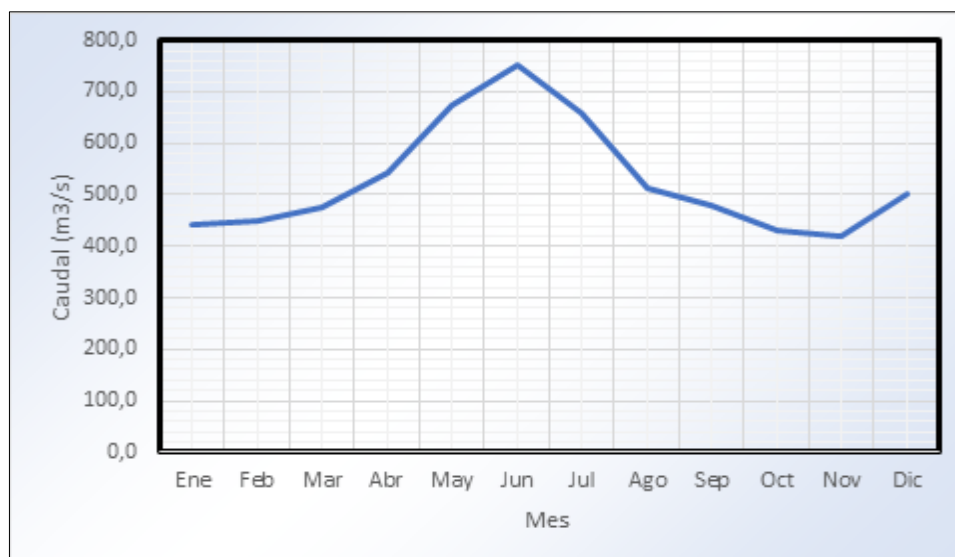
TABLA N° 3.3.32.- CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN ESTACIÓN H1133 AGUARICO EN NUEVA LOJA (M3/S)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
2001	464.1	534.7	411.4	594.6	639.0	1145.0	711.4	654.6	607.3	568.3	527.4	898.9	646.4
2002	387.4	440.4	603.4	618.1	761.3	836.6	956.1	741.7	593.3	484.6	676.7	911.3	667.6
2003	251.7	440.2	536.7	536.7	1108.0	643.4	962.2	602.7	696.9	745.6	469.5	536.1	627.5
2004	490.9	210.8	757.7	616.9	1254.0	1226.0	800.2	851.2	665.3	497.5	556.3	494.3	701.8
2005	435.1	668.1	410.8	808.2	544.7	736.8	663.0	494.8	454.6	427.7	569.7	533.7	562.3
2006	529.3	595.3	528.3	616.6	843.9	723.1	736.7	559.6	524.8	568.9	479.5	598.4	608.7
2007	491.4	287.8	645.0	662.1	755.5	910.5	721.3	601.5	626.8	419.8	595.2	523.9	603.4
2008	487.2	573.0	372.0	544.4	731.5	858.0	725.9	456.9	579.9	485.8	417.6	421.9	554.5
2009	576.9	548.1	422.3	646.4	517.9	815.8	633.3	573.2	386.5	404.0	331.7	492.4	529.0
2010													
2011	182.0	223.3	184.9	245.4	362.1	383.1	383.1	241.9	299.8	177.8	186.3	247.1	259.7
2012	513.9	491.6	683.3	536.3	510.6	648.4	653.6	505.1	357.7				544.5
2013													
Med	437.3	455.8	505.1	584.1	729.9	811.5	722.4	571.2	526.6	478.0	481.0	565.8	573.2
Min	182.0	210.8	184.9	245.4	362.1	383.1	383.1	241.9	299.8	177.8	186.3	247.1	177.8
Max	576.9	668.1	757.7	808.2	1254.0	1226.0	962.2	851.2	696.9	745.6	676.7	911.3	1254.0

Fuente: INAMHI, 2015

La Tabla N° 3.3.33, muestra variación mensual de los caudales medios en la estación H1133 Aguarico en Nueva Loja.

FIGURA N° 3.3.33.-CAUDALES MEDIOS MENSUALES H1133 AGUARICO EN NUEVA LOJA

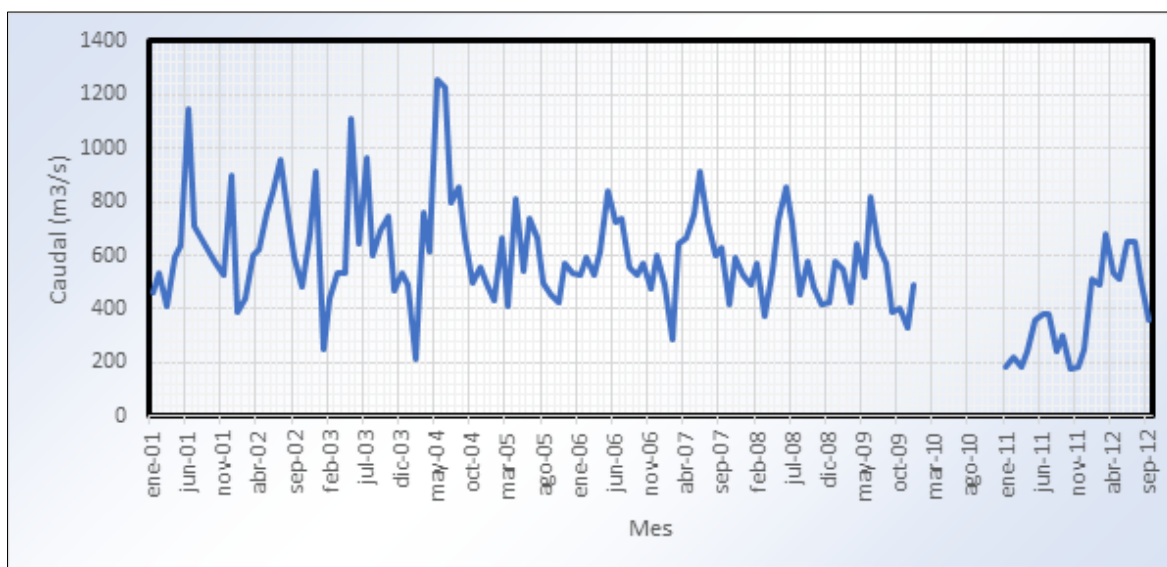


Fuente: INAMHI, 2015

El caudal medio específico para la estación H1133 Aguarico en Nueva Loja es igual a 132 l/s/km².

La Figura N° 3.3.34 muestra los caudales medios mensuales históricos del río Aguarico en Nueva Loja.

FIGURA N° 3.3.34.- CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN LA ESTACIÓN H1133 AGUARICO EN NUEVA LOJA



Fuente: INAMHI, 2015

Los caudales medios anuales y específicos obtenidos en base a los registros de cada estación se incluyen en la Tabla N° 3.3.33.

TABLA N° 3.3.33.- CAUDALES MEDIOS ANUALES Y ESPECÍFICOS EN LAS ESTACIONES HIDROLÓGICAS

Código	Estación	Área (km²)	Caudal Medio Anual (m³/s)	Caudal Medio Específico (l/s/km²)	Lamina de Escorrimento (mm)
H1133	Aguarico Nueva Loja	4333	573	132	4176

Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2020

Se ha determinado la curva de duración general (CDG) para la estación hidrológica, con el fin de analizar los caudales mínimos en el área de estudio.

En la Tabla N° 3.3.34 se incluyen los caudales característicos del río Aguarico en el sitio de la estación hidrológica.

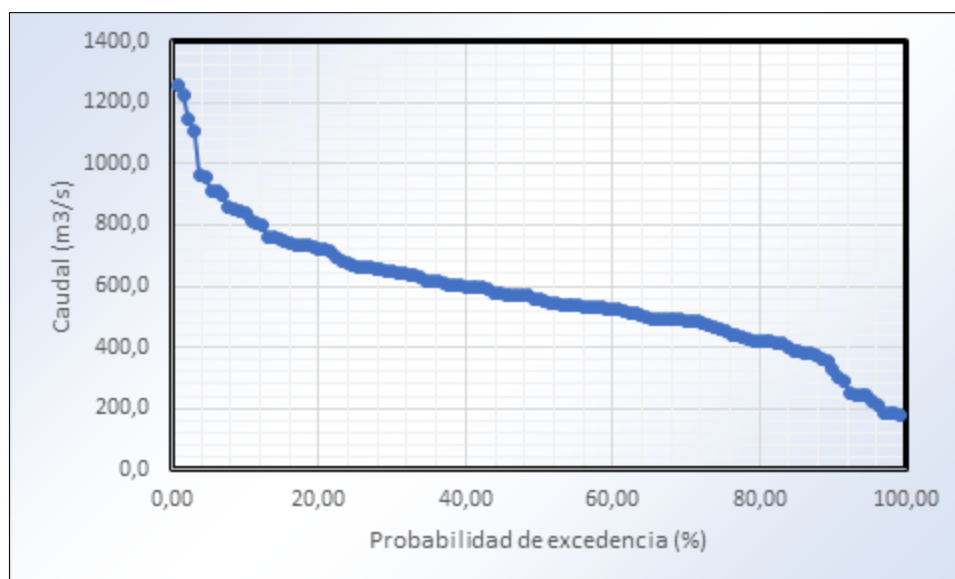
TABLA N° 3.3.34.- CAUDALES CARACTERÍSTICOS EN VALORES MEDIOS MENSUALES EN LAS ESTACIONES

Probabilidad de Excedencia (%)	Caudales Mensuales H1133 Aguarico Nueva Loja (m³/s)
5	956.1
10	836.6
15	755.5
20	723.1
25	668.1
30	646.4
35	618.1
40	598.4
45	576.9
50	556.3
55	536.3
60	524.8
65	497.5
70	487.2
75	456.9
80	421.9
85	387.4
90	331.7
95	241.9
Qmed	573.2

Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2020

La Figura N° 3.3.35 incluye la curva de duración general de la estación H1133 Aguarico Nueva Loja.

FIGURA N° 3.3.35.- CURVA DE DURACIÓN GENERAL - CAUDALES MENSUALES EN RÍO AGUARICO



Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2020

La curva de duración general (CDG) determina un rango de variación de los caudales observado está entre 180 y 1250 m³/s. La forma de la curva de duración general decreciente determina que la regulación de caudales en la subcuenca es limitada, se destaca que el aporte subterráneo es importante.

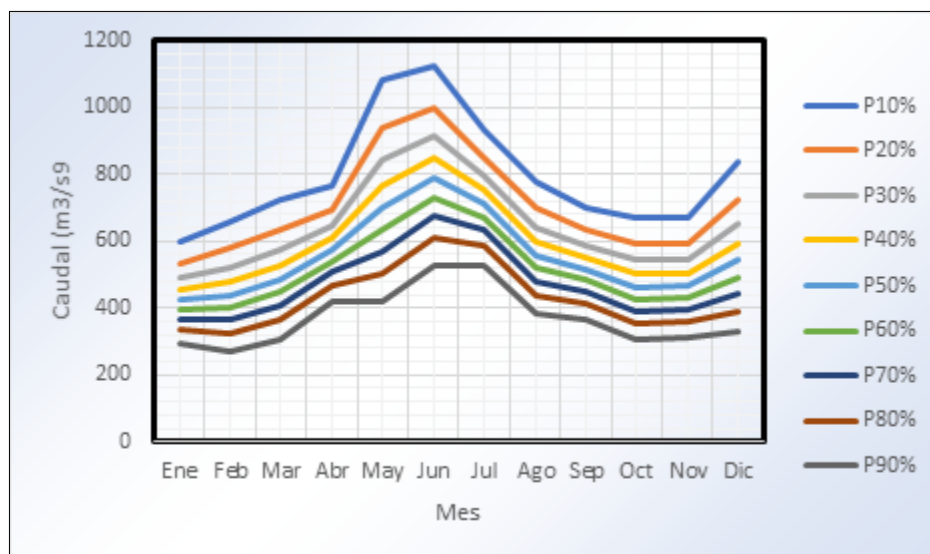
Se calcularon también las curvas de variación estacional (CVE), determinando los valores de caudales con la probabilidad de excedencia asociada para cada mes y se aplicó una distribución de probabilidades tipo Pearson III. En la Tabla N° 3.3.35 y la Figura N° 3.3.36 se incluyen los caudales con probabilidad asociada determinados para la estación H1133 Aguarico en Nueva Loja.

TABLA N° 3.3.35.- CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL EN LA ESTACIÓN H1133 AGUARICO EN NUEVA LOJA

Probabilidad (%)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
10%	597	661	724	763	1084	1122	931	780	703	671	669	835
20%	534	578	636	694	939	999	851	698	634	594	594	725
30%	492	522	577	647	842	916	796	642	587	542	544	652
40%	457	478	529	608	766	849	751	597	549	500	503	593
50%	426	439	487	574	698	789	711	557	515	463	467	542
60%	397	402	448	540	635	732	672	518	483	428	433	494
70%	367	364	408	506	571	675	632	479	450	393	398	445
80%	334	324	364	468	503	611	587	436	413	353	360	393
90%	292	273	309	418	417	530	529	381	365	304	311	327

Fuente: Envirotec Cía. Ltda., 2020

FIGURA N° 3.3.36.- CAUDALES DE LA CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL EN LA ESTACIÓN H1133 AGUARICO EN NUEVA LOJA



Fuente: Envirotec Cía. Ltda., 2020



Los caudales mínimos en el río Aguarico se presentan entre los meses de enero y febrero.

➤ **Caudales medios en las subcuencas de interés**

Para la determinación de los caudales medios en las subcuencas del tramo del oleoducto entre la abscisa 45+600 y la abscisa 98+500, se toman como base los registros de caudales medios en la estación H1133 Aguarico en Nueva Loja.

Se aplica el método de tipo regional, considerando la homogeneidad hidrológica en las subcuencas. Y aplicando la proporcionalidad, se transponen los caudales medios, en función del área de la cuenca hidrográfica de interés, se aplica la siguiente relación:

$$QA / QB = (AA / AB) (PA / PB)$$

QA – Caudal medio anual cuenca A (m³/s)

QB – Caudal medio anual cuenca B (m³/s)

AA – Área de drenaje cuenca A (km²)

AB – Área de drenaje cuenca B (km²)

PA – Precipitación anual media cuenca A (mm)

PB – Precipitación anual media cuenca B (mm)

Se considera que la precipitación en la cuenca hidrográfica de la estación H1133 Aguarico en Nueva Loja es 4150mm, y que la precipitación media en el área de estudio es de 2970 mm.

Debido a que el aporte subterráneo en la cuenca del río Aguarico es mayor que en las subcuencas del área de estudio, por lo cual ha quitado el 50% del caudal base (25 l/s/km²), para estimar el caudal medio de las subcuencas de interés.

En la Tabla N° 3.3.36 se presentan los caudales medios mensuales estimados en las subcuencas del tramo del oleoducto entre la abscisa 45+600 y la abscisa 98+500.



**TABLA N° 3.3.36.- CAUDALES MEDIOS ANUALES EN LAS SUBCUENCAS DEL OLEODUCTO
TRAMO 45+600 HASTA 98+500**

Código	Nombre Subcuenca	A (km ²)	Relación de Áreas (AA/AB)	Relación de Lluvias (PA/PB)	Qmed (m ³ /s)
PMI 01	Rio Cuyabeno Chico	1.05	0.0002	0.716	0.068
PMI 02	Rio Cuyabeno	351.49	0.0811	0.716	22.732
PMI 03	Quebrada SN Mirador	1.98	0.0005	0.716	0.128
PMI 04	Quebrada Iwia Marian 10	1.62	0.0004	0.716	0.105
PMI 05	Quebrada Iwia Marian 4 10	5.27	0.0012	0.716	0.341
PMI 06	Quebrada SN Iwia	2.23	0.0005	0.716	0.145
PMI 07	Río Tarapoa	67.05	0.0155	0.716	4.336
PMI 08	Canal Aguas Negras	0.62	0.0001	0.716	0.040
PMI 09	Quebrada SN vía antigua	8.36	0.0019	0.716	0.541
PMI 10	Quebrada SN Campamento Satélite	0.98	0.0002	0.716	0.064
PMI 11	Pantano Vía Tarapoa antigua	8.62	0.0020	0.716	0.557
PMI 12	Pantano El Triunfo	1.25	0.0003	0.716	0.081
PMI 13	Rio Libertad	21.06	0.0049	0.716	1.362
PMI 14	Pantano Estero Paz y Bien	0.83	0.0002	0.716	0.054
PMI 15	Quebrada SN Buena Fe	0.96	0.0002	0.716	0.062
PMI 16	Rio 17 de Abril	3.79	0.0009	0.716	0.245
PMI 17	Rio Chiritza	10.28	0.0024	0.716	0.665
PMI 18	Pantano	1.56	0.0004	0.716	0.101
PMI 19	Quebrada SN Derrame	0.52	0.0001	0.716	0.034
PMI 20	Estero SN 1	0.52	0.0001	0.716	0.033
PMI 21	Estero SN 2	0.72	0.0002	0.716	0.047
PMI 22	Pantano	1.13	0.0003	0.716	0.073
PMI 23	Estero SN 3	1.73	0.0004	0.716	0.112

Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2020

En la Tabla N° 3.3.37 se incluyen los caudales mínimos estimados en las subcuencas del tramo del oleoducto entre la abscisa 45+600 y la abscisa 98+500 (caudales Q80% y Q90%).

**TABLA N° 3.3.37.- CAUDALES MEDIOS Y MÍNIMOS EN LAS SUBCUENCAS DEL OLEODUCTO
TRAMO 45+600 HASTA 98+500**

Código	Nombre Subcuenca	A (km ²)	Qmed (m ³ /s)	Q80% (m ³ /s)	Q90% (m ³ /s)	Caudal Aforado (m ³ /s)
PMI 01	Rio Cuyabeno Chico	1.05	0.068	0.047	0.031	0.985
PMI 02	Rio Cuyabeno	351.49	22.732	15.706	10.469	20.950
PMI 03	Quebrada SN Mirador	1.98	0.128	0.088	0.059	0.009
PMI 04	Quebrada Iwia Marian 10	1.62	0.105	0.072	0.048	0.216
PMI 05	Quebrada Iwia Marian 4 10	5.27	0.341	0.235	0.157	0.264
PMI 06	Quebrada SN Iwia	2.23	0.145	0.100	0.067	0.117
PMI 07	Río Tarapoa	67.05	4.336	2.996	1.997	2.990
PMI 08	Canal Aguas Negras	0.62	0.040	0.028	0.018	0.028
PMI 09	Quebrada SN vía antigua	8.36	0.541	0.374	0.249	0.245
PMI 10	Quebrada SN Campamento Satélite	0.98	0.064	0.044	0.029	0.041
PMI 11	Pantano Vía Tarapoa antigua	8.62	0.557	0.385	0.257	0.003
PMI 12	Pantano El Triunfo	1.25	0.081	0.056	0.037	0.108
PMI 13	Rio Libertad	21.06	1.362	0.941	0.627	1.220



Código	Nombre Subcuenca	A (km ²)	Qmed (m ³ /s)	Q80% (m ³ /s)	Q90% (m ³ /s)	Caudal Aforado (m ³ /s)
PMI 14	Pantano Estero Paz y Bien	0.83	0.054	0.037	0.025	0.018
PMI 15	Quebrada SN Buena Fe	0.96	0.062	0.043	0.029	0.028
PMI 16	Rio 17 de Abril	3.79	0.245	0.169	0.113	0.207
PMI 17	Rio Chiritza	10.28	0.665	0.459	0.306	0.875
PMI 18	Pantano	1.56	0.101	0.070	0.047	0.193
PMI 19	Quebrada SN Derrame	0.52	0.034	0.023	0.016	0.023
PMI 20	Estero SN 1	0.52	0.033	0.023	0.015	-
PMI 21	Estero SN 2	0.72	0.047	0.032	0.022	-
PMI 22	Pantano	1.13	0.073	0.051	0.034	-
PMI 23	Estero SN 3	1.73	0.112	0.077	0.051	-

Fuente: Envirotec Cía. Ltda., 2019

En algunos casos se observa una diferencia importante entre el modelo propuesto y los caudales medidos, que se explica por diferencias en el área de drenaje establecida a través de la cartografía 1:25.000. Debido a las limitaciones de información a una mejor escala se mantiene el modelo definido.

El caudal específico medio determinado para las subcuencas del área de estudio a través del modelo planteado, es del orden de 65 l/s/km².

➤ Caudales ecológicos

El caudal ecológico se define como aquel que mantiene el funcionamiento, composición y estructura del ecosistema fluvial en condiciones naturales, a partir del cual, se asegura el buen estado de un curso de agua, la preservación del hábitat natural (flora y fauna) y de las funciones ambientales, tales como purificación de aguas, amortiguación de crecidas, recreación, pesca, energía, etc.

Para la determinación de los caudales ecológicos, a manera de referencia, se aplica el método de Tennant, ampliamente usado en la ingeniería nacional, es decir, que el caudal ecológico será al menos al 10% del caudal medio anual.

En el Registro Oficial No. 41, del 14 de marzo de 2007, mediante Acuerdo Ministerial N° 155 del Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), se emitió las “Normas para la determinación del caudal ecológico y el régimen de los caudales ecológicos en los sectores



hidrográficos respectivos”, se expresa también que el caudal ecológico podrá considerarse en al menos al 10% del caudal medio anual.

En la Tabla N° 3.3.38 se resume el cálculo de los caudales ecológicos hasta los sitios de cierre de las subcuencas de interés.

TABLA N° 3.3.38.- CAUDALES ECOLÓGICOS EN LOS SITIOS DE INTERÉS

Código	Nombre Subcuenca	A (km ²)	Qmed (m ³ /s)	Qecológico (m ³ /s)
PMI 01	Rio Cuyabeno Chico	1.05	0.068	0.007
PMI 02	Rio Cuyabeno	351.49	22.732	2.273
PMI 03	Quebrada SN Mirador	1.98	0.128	0.013
PMI 04	Quebrada Iwia Marian 10	1.62	0.105	0.010
PMI 05	Quebrada Iwia Marian 4 10	5.27	0.341	0.034
PMI 06	Quebrada SN Iwia	2.23	0.145	0.014
PMI 07	Río Tarapoa	67.05	4.336	0.434
PMI 08	Canal Aguas Negras	0.62	0.040	0.004
PMI 09	Quebrada SN vía antigua	8.36	0.541	0.054
PMI 10	Quebrada SN Campamento Satélite	0.98	0.064	0.006
PMI 11	Pantano Vía Tarapoa antigua	8.62	0.557	0.056
PMI 12	Pantano El Triunfo	1.25	0.081	0.008
PMI 13	Río Libertad	21.06	1.362	0.136
PMI 14	Pantano Estero Paz y Bien	0.83	0.054	0.005
PMI 15	Quebrada SN Buena Fe	0.96	0.062	0.006
PMI 16	Río 17 de Abril	3.79	0.245	0.024
PMI 17	Río Chiritza	10.28	0.665	0.067
PMI 18	Pantano	1.56	0.101	0.010
PMI 19	Quebrada SN Derrame	0.52	0.034	0.003
PMI 20	Estero SN 1	0.52	0.033	0.003
PMI 21	Estero SN 2	0.72	0.047	0.005
PMI 22	Pantano	1.13	0.073	0.007
PMI 23	Estero SN 3	1.73	0.112	0.011

Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2019

➤ Uso y Aprovechamiento de Agua

De acuerdo a la información del banco nacional de autorizaciones de SENAGUA, 2014, en las subcuencas del tramo del oleoducto entre la abscisa 45+600 y la abscisa 98+500 se registran 23 autorizaciones de uso y aprovechamiento de agua, con un caudal total de 79 L/s.

El número de autorizaciones en las subcuencas del tramo del oleoducto entre la abscisa 45+600 y la abscisa 98+500 se incluyen a continuación en la Tabla N° 3.3.39.

**TABLA N° 3.3.39.- NÚMERO DE AUTORIZACIONES DE USO Y APROVECHAMIENTO**

Código	Nombre Subcuenca	Acuícola	Consumo Humano	Industrial	Total
PMI 01	Rio Cuyabeno Chico	1			1
PMI 02	Rio Cuyabeno	1		2	3
PMI 03	Quebrada SN Mirador	1		1	2
PMI 07	Río Tarapoa	2		1	3
PMI 09	Quebrada SN vía antigua		3	4	7
PMI 11	Pantano Vía Tarapoa			1	1
PMI 12	Pantano El Triunfo			1	1
PMI 13	Rio Libertad			2	2
PMI 14	Pantano Estero Paz y Bien	1			1
PMI 21	Estero SN 2			1	1
PMI 23	Estero SN 3		1		1
Total		6	4	13	23

Fuente: SENAGUA, 2014

La mayor cantidad de autorizaciones corresponden a uso industrial. En la subcuenca PMI 09 Quebrada Sin Nombre se tienen el mayor número de autorizaciones (7).

La Tabla N° 3.3.40 muestra los diferentes usos en las subcuencas del tramo del oleoducto entre la abscisa 45+600 y la abscisa 98+500.

TABLA N° 3.3.40.- TIPOS DE AUTORIZACIONES Y CAUDALES

Código	Nombre Subcuenca	Caudal Autorizado (L/s)			Total (L/s)
		Acuícola	Consumo Humano	Industrial	
PMI 01	Rio Cuyabeno Chico	2.50			2.50
PMI 02	Rio Cuyabeno	1.18		10.00	11.18
PMI 03	Quebrada SN Mirador	0.24		5.00	5.24
PMI 07	Río Tarapoa	0.32		5.00	5.32
PMI 09	Quebrada SN vía antigua		11.86	16.00	27.86
PMI 11	Pantano Vía Tarapoa			5.00	5.00
PMI 12	Pantano El Triunfo			5.00	5.00
PMI 13	Rio Libertad			10.00	10.00
PMI 14	Pantano Estero Paz y Bien	0.30			0.30
PMI 21	Estero SN 2			5.00	5.00
PMI 23	Estero SN 3		1.50		1.50
Total		4.54	13.36	61.00	78.90

Fuente: SENAGUA, 2014

El principal uso corresponde a uso industrial con un caudal de 61.0 L/s.

➤ Caudales máximos

La disponibilidad de información hidrológica de niveles y caudales máximos es mínima; por lo que se aplica métodos indirectos para la estimación de los caudales máximos, métodos



que se sustentan en información físico – geográfica de las subcuencas y también en información de eventos de lluvias intensas.

La determinación de los caudales máximos de crecida asociados a diferentes períodos de retorno se realiza a través de la transformación precipitación – escorrentía, mediante hidrogramas unitarios sintéticos, en áreas de drenaje mayores a 5 km². Mientras que para áreas de menos de 5 km² se utiliza el Método racional.

Caudales máximos para subcuencas hidrográficas con áreas de drenaje mayores a 5 km²

Para la determinación de los caudales de crecida se aplicó el modelo HEC HMS v.4.2.1, del US Corps of Engineers, para períodos de retorno (Tr) de 5, 10, 25, 50 y 100 años.

La transformación de la precipitación para determinación de los caudales de crecida se realiza por el método del hidrograma unitario sintético del Soil Conservation Service de los Estados Unidos (US SCS).

La determinación de las pérdidas de precipitación se realiza a través del método del número de curva (NC), que permite estimar la precipitación efectiva sobre el área de drenaje.

La precipitación efectiva (Pe) se estima en función de la precipitación acumulada (P), de la capacidad de almacenamiento de humedad inicial del suelo (Ia) y de la capacidad de la cuenca para retener la precipitación, mediante la siguiente expresión:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

En donde:

Ia: abstracción inicial, (mm).

S: tasa potencial máxima de retención, (mm).

Mediante análisis experimentales en pequeñas cuencas, el SCS recomienda la siguiente relación:

$$I_a = 0,2 S$$

Entonces se tiene:

$$P_e = \frac{(P-0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

El Número de Curva (NC) se obtiene de referencias bibliográficas (HAWKINS, R. et al, 2009) en función del tipo de suelo (Grupo Hidrológico de Suelo), del uso del suelo, prácticas agrícolas y pendiente del terreno; y, se considera además la humedad antecedente.

La máxima retención S y el número de curva NC se relacionan mediante la expresión:

$$S = \frac{25400 - 254NC}{NC}$$

Determinada la precipitación efectiva, se estima el caudal máximo aplicando el método del hidrograma unitario del SCS, que se sustenta en las siguientes relaciones:

$$T_p = 0,5 \times \Delta t + T_{lag}$$

En donde:

T_p : tiempo al pico del hidrograma, (h).

Δt : duración de la lluvia, (h).

T_{lag} : tiempo de retardo, (h).

El tiempo de retardo se define como la diferencia entre el tiempo al centro de masa de la lluvia y el tiempo hasta la ocurrencia del caudal pico del hidrograma.

El caudal pico se obtiene de la siguiente manera:

$$Q_p = 2,08 \times A/T_p$$

En donde:

Q_p : caudal pico, (m^3/s).

A: área de la subcuenca, (km^2).

El tiempo de retardo (T_{lag}) y el tiempo de concentración (T_c) de una cuenca se relacionan a través de la siguiente expresión:

$$T_{lag} = 0,6 T_c$$

La duración de la tormenta de diseño se estima considerando el concepto del tiempo de concentración hasta las secciones de cierre de cada una de las subcuencas de interés.

Para cada una de las subcuencas analizadas, se calculó el tiempo de concentración, aplicando las siguientes ecuaciones:

Kirpich

$$T = 0.02 L^{0.77} S^{-0.385}$$

Dónde:

T = tiempo de concentración (minutos)

L = longitud del cauce principal hasta la sección de interés (m)

S = pendiente media del cauce (m/m)

Giandotti

$$t = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 L}{25.3 \sqrt{S} L}$$

Dónde:

t = tiempo de concentración (horas)

A = área de la cuenca (km²)

L = longitud del cauce principal hasta la sección de interés (km)

S = pendiente media del cauce (m/m)

Se determinó el promedio del tiempo de concentración en cada subcuenca, para definir una aproximación de la duración del evento de tormenta crítica.

En la Tabla N° 3.3.41, se presentan los tiempos de concentración para las subcuencas del tramo del oleoducto entre la abscisa 45+600 y la abscisa 98+500.



TABLA N° 3.3.41.- TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN Y DURACIÓN DEL EVENTO DE TORMENTA

Código	Nombre Subcuenca	A (km ²)	Tc Kirpich (min)	Tc Giandotti (min)	Tc Promedio (min)	Duración (min)
PMI 01	Río Cuyabeno Chico	1.05	36	89	63	60
PMI 02	Río Cuyabeno	351.49	1103	1379	1241	1260
PMI 03	Quebrada SN Mirador	1.98	19	97	58	60
PMI 04	Quebrada Iwia Marian 10	1.62	43	127	85	90
PMI 05	Quebrada Iwia Marian 4 10	5.27	84	177	131	120
PMI 06	Quebrada SN Iwia	2.23	39	93	66	60
PMI 07	Río Tarapoa	67.05	374	574	474	480
PMI 08	Canal Aguas Negras	0.62	57	181	119	120
PMI 09	Quebrada SN vía antigua	8.36	114	382	248	255
PMI 10	Quebrada SN Campamento Satélite	0.98	46	101	73	70
PMI 11	Pantano Vía Tarapoa antigua	8.62	79	186	132	120
PMI 12	Pantano El Triunfo	1.25	41	103	72	70
PMI 13	Río Libertad	21.06	151	382	266	270
PMI 14	Pantano Estero Paz y Bien	0.83	18	69	44	40
PMI 15	Quebrada SN Buena Fe	0.96	29	83	56	60
PMI 16	Río 17 de Abril	3.79	52	142	97	90
PMI 17	Río Chiritza	10.28	77	190	134	120
PMI 18	Pantano	1.56	30	81	56	60
PMI 19	Quebrada SN Derrame	0.52	22	63	42	40
PMI 20	Estero SN 1	0.52	16	69	42	40
PMI 21	Estero SN 2	0.72	26	91	59	60
PMI 22	Pantano	1.13	25	122	73	70
PMI 23	Estero SN 3	1.73	29	96	63	60

Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2019

Para la determinación de caudales máximos con período de retorno se tienen 7 subcuencas mayores a 5 km². Por tanto, 16 subcuencas de menos de 5 km².

Estudio de Intensidades máximas INAMHI

El estudio "Determinación de Ecuaciones para el Cálculo de Intensidades Máximas de Precipitación – Actualización del Estudio de Lluvias Intensas", del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), del 2015, ha sido considerado en el análisis de las precipitaciones máximas en el área de estudio.

El estudio de lluvias intensas constituye un análisis basado en conceptos de regionalización que determina las relaciones intensidad - duración – período de retorno.

Según este estudio la zona de interés, se encuentran en la zona 64 de la regionalización propuesta por el INAMHI.

Las ecuaciones de intensidad para la zona 64 son las siguientes:

Si $5 \text{ min} < t < 60 \text{ min}$: $I_{TR} = 55.716 \times t^{-0,260} \times I_{d,TR}$

Si $60 \text{ min} < t < 1440 \text{ min}$: $I_{TR} = 645.800 \times t^{-0,886} \times I_{d,TR}$

En donde:

I = Intensidad de precipitación, (mm/h)

t = duración de la lluvia, (min)

Tr = período de retorno, (años)

Id, Tr = intensidades de lluvia para 24 horas, con período de retorno (mm/h).

Considerando la serie multianual de precipitaciones máximas de 24 horas del período 1981 – 2017 para la estación Lago Agrio de la DAC, y aplicando una distribución de probabilidades Pearson III se determinaron los valores de intensidad máxima de 24 horas con período de retorno (Id, Tr).

En la Tabla N° 3.3.42, se muestran las ecuaciones intensidad – duración – período de retorno de la zona para diferentes periodos de retorno.

TABLA N° 3.3.42.- ECUACIONES DE INTENSIDAD DE LLUVIA DE LA ZONA 64

Periodo de Retorno (años)	Ecuaciones		Intensidades, 24 h mm
	5 min < t < 60 min	60 min < t < 1440	
5	$I = 301.42 \times t^{-0,260}$	$I = 3493.78 \times t^{-0,886}$	5.41
10	$I = 329.84 \times t^{-0,260}$	$I = 3823.14 \times t^{-0,886}$	5.92
25	$I = 363.83 \times t^{-0,260}$	$I = 4217.07 \times t^{-0,886}$	6.53
50	$I = 387.23 \times t^{-0,260}$	$I = 4488.3 \times t^{-0,886}$	6.95
100	$I = 409.51 \times t^{-0,260}$	$I = 4746.63 \times t^{-0,886}$	7.35

Fuente: INAMHI, 2015

Para el cálculo de las intensidades máximas de 24 horas (IdTR), se ha considerado los datos de la estación M0293 Palmoriente Huashito, que es la única estación con registro de lluvias máximas en la zona.

En la Tabla N° 3.3.43, se presentan los valores de intensidades de precipitación determinados para el área de estudio.



TABLA N° 3.3.43.- INTENSIDADES MÁXIMAS PARA LA ZONA 64 (MM/H)

Período de Retorno (años)	Duración (min)									
	5	10	15	30	60	120	240	360	720	1440
5	198.4	165.6	149.1	124.5	92.9	50.3	27.2	19.0	10.3	5.6
10	217.1	181.3	163.1	136.2	101.6	55.0	29.8	20.8	11.2	6.1
25	239.4	199.9	179.9	150.3	112.1	60.7	32.8	22.9	12.4	6.7
50	254.8	212.8	191.5	159.9	119.3	64.6	34.9	24.4	13.2	7.1
100	269.5	225.0	202.5	169.1	126.2	68.3	36.9	25.8	14.0	7.6

Fuente: INAMHI, 2015

En la Tabla N° 3.3.44, se presentan los valores de la lámina de precipitación del área de estudio.

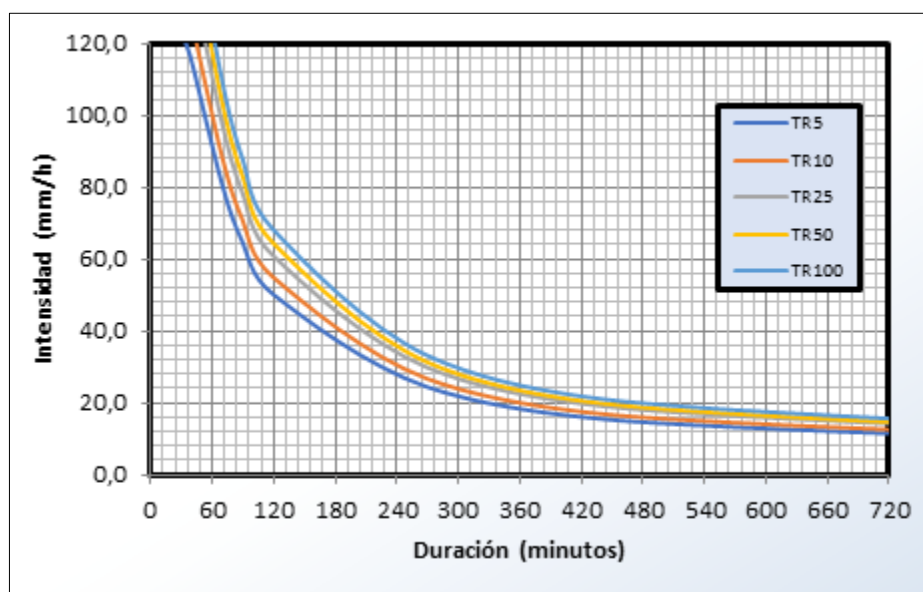
TABLA N° 3.3.44.- PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA LA ZONA 64 (MM)

Período de retorno (años)	Duración (min)									
	5	15	5	45	5	120	5	360	5	1440
5	16.5	37.3	62.2	84.0	92.9	107.1	111.6	122.1	133.4	16.5
10	18.1	40.8	68.1	91.9	101.6	117.2	122.1	133.6	146.0	18.1
25	20.0	45.0	75.1	101.4	112.1	129.3	134.7	147.3	161.0	20.0
50	21.2	47.9	80.0	107.9	119.3	137.6	143.3	156.8	171.4	21.2
100	22.5	50.6	84.6	114.2	126.2	145.5	151.6	165.8	181.3	22.5

Fuente: INAMHI, 2015

La Figura N° 3.3.37.- Curvas Intensidad – Duración – Periodo de retorno Zona 64 muestra la variación de las intensidades de lluvia con la duración y el período de retorno, para la zona de interés.

FIGURA N° 3.3.37.- CURVAS INTENSIDAD – DURACIÓN – PERIODO DE RETORNO ZONA 64



Fuente: INAMHI, 2015

Lámina de precipitación con período de retorno – evento de tormenta

Considerando la duración de la lluvia en función del tiempo de concentración, en la Tabla N° 3.3.45 se incluye los valores de la lámina de precipitación asociada a la duración y al período de retorno, estimados en base a las ecuaciones intensidad – duración – frecuencia de la estación base, para las subcuencas en las que se realiza la modelación hidrológica, área mayor a 5 km².

TABLA N° 3.3.45.- LÁMINA DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA PARA DIFERENTES DURACIONES (MM)

Código	Nombre Subcuenca	Duración (min)	Período de Retorno TR (años)				
			TR 5	TR10	TR25	TR50	TR 100
PMI 02	Rio Cuyabeno	1260	131.4	143.8	158.6	168.8	178.5
PMI 05	Quebrada Iwia Marian 4 10	120	100.5	110.0	121.3	129.1	136.5
PMI 07	Rio Tarapoa	480	117.7	128.8	142.1	151.2	159.9
PMI 09	Quebrada SN vía antigua	255	109.3	119.6	131.9	140.4	148.5
PMI 11	Pantano Vía Tarapoa antigua	120	100.5	110.0	121.3	129.1	136.5
PMI 13	Rio Libertad	270	110.2	120.6	133.1	141.6	149.8
PMI 17	Rio Chiritza	120	100.5	110.0	121.3	129.1	136.5

Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2020

Como modelo de distribución temporal de precipitación se adoptó las curvas de Huff del segundo cuartil.

En la siguiente Tabla se presenta la distribución de la precipitación o hietograma, a manera de ejemplo para un evento de tormenta de duración 480 minutos y para diferentes períodos de retorno en el PMI 07 río Tarapoa, aplicando el patrón de la curva de Huff del segundo cuartil.

TABLA N° 3.3.46.- HIETOGRAMA DE PRECIPITACIONES CON PERÍODO DE RETORNO – EVENTO DE TORMENTA DE DURACIÓN 480 MINUTOS

ΔT min	Período de Retorno Tr (años)				
	5	10	25	50	100
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	2.21	2.42	2.66	2.84	3.00
30	2.21	2.42	2.66	2.84	3.00
45	2.21	2.42	2.66	2.84	3.00
60	2.80	3.06	3.37	3.59	3.80
75	2.94	3.22	3.55	3.78	4.00
90	2.94	3.22	3.55	3.78	4.00
105	4.27	4.67	5.15	5.48	5.80
120	5.15	5.64	6.22	6.62	7.00
135	6.62	7.25	7.99	8.51	9.00
150	6.92	7.57	8.35	8.88	9.40
165	7.36	8.05	8.88	9.45	9.99

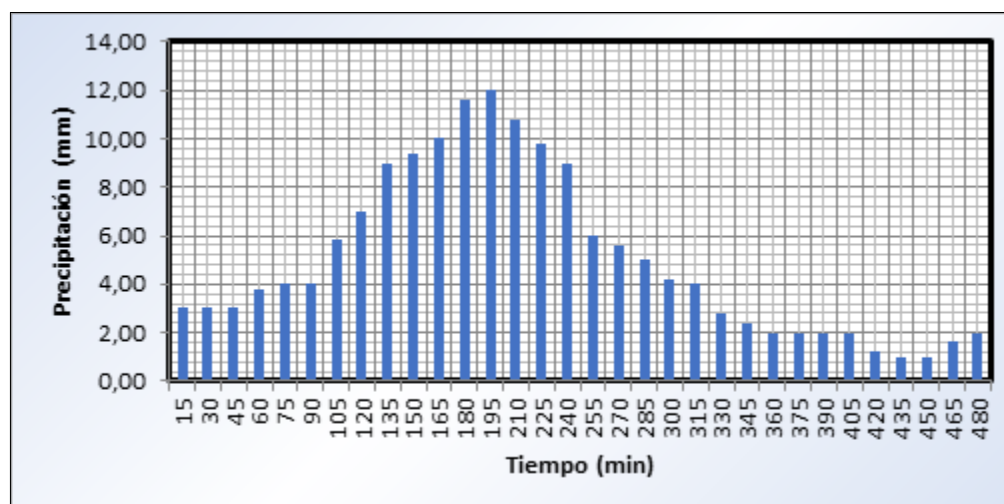


ΔT	Período de Retorno T_r (años)				
min	5	10	25	50	100
180	8.53	9.34	10.30	10.96	11.59
195	8.83	9.66	10.66	11.34	11.99
210	7.95	8.69	9.59	10.21	10.79
225	7.21	7.89	8.70	9.26	9.79
240	6.62	7.25	7.99	8.51	9.00
255	4.41	4.83	5.33	5.67	6.00
270	4.12	4.51	4.97	5.29	5.60
285	3.68	4.03	4.44	4.73	5.00
300	3.09	3.38	3.73	3.97	4.20
315	2.94	3.22	3.55	3.78	4.00
330	2.06	2.25	2.49	2.65	2.80
345	1.77	1.93	2.13	2.27	2.40
360	1.47	1.61	1.78	1.89	2.00
375	1.47	1.61	1.78	1.89	2.00
390	1.47	1.61	1.78	1.89	2.00
405	1.47	1.61	1.78	1.89	2.00
420	0.88	0.97	1.07	1.13	1.20
435	0.74	0.81	0.89	0.95	1.00
450	0.74	0.81	0.89	0.95	1.00
465	1.18	1.29	1.42	1.51	1.60
480	1.47	1.61	1.78	1.89	2.00

Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2020

La Figura N° 3.3.38 muestra la distribución del evento de tormenta para un período de retorno de 100 años, para la subcuenca del río Tarapoa para una duración de 480 minutos.

FIGURA N° 3.3.38.- HIETOGRAMA DE LLUVIA PARA EVENTO DE TORMENTA EN EL RÍO TARAPOA – DURACIÓN 480 MINUTOS ($T_r = 100$ AÑOS)



Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2020

Para determinar la infiltración y posteriormente la precipitación efectiva, se aplica el método del número de curva (NC), que fue determinado en función de la cartografía disponible de la cobertura vegetal y del tipo de suelos (textura).



En base a la clasificación taxonómica de los suelos, se determinó que los suelos en las subcuencas incluyen los grupos hidrológicos de suelo (GHS), B, C y D.

Se establecen las condiciones de humedad antecedente AMC, de la siguiente manera:

AMCI Suelo seco sin llegar al punto de marchitez. Se utiliza cuando apenas se ha producido lluvia.

AMCII Caso medio de avenidas anuales (promedio de las condiciones de humedad que se dan cuando se produce la avenida máxima anual).

AMCIII Cuando se produjeron lluvias intensas o lluvias ligeras y temperaturas bajas, en los 5 días previos a la tormenta, y el suelo está prácticamente saturado.

Para la determinación de los caudales máximos con período de retorno se consideró la condición de humedad antecedente media AMC II.

La Tabla N° 3.3.47 muestra a manera de ejemplo los valores de NC establecidos para en el área de la subcuenca del río Cuyabeno (PMI 02), bajo condiciones de humedad medias AMCII. Para la definición del NC se considera la información incluida en el Apéndice A del Manual de Referencia Técnico del programa HEC HMS (HEC, 2002).

TABLA N° 3.3.47.- NÚMERO DE CURVA PONDERADO PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO CUYABENO PMI 02 – AMC II

Cobertura Vegetal	Tipo de Suelo GHS Área (km ²)			Numero de Curva (NC)			Área * NC		
	B	C	D	B	C	D	B	C	D
CULTIVO	-	1.68	1.26	75	83	86	0.00	139.37	108.78
ERIAL/SIN COBERTURA VEGETAL	-	0.03	0.06	86	91	94	0.00	3.08	5.36
CUERPO DE AGUA	0.03	0.02	0.51	98	98	98	2.68	2.27	50.14
AREA POBLADA	0.01	0.07	0.01	85	90	92	0.53	5.97	0.95
OTRAS TIERRAS AGRICOLAS	-	0.00	-	70	78	81	0.00	0.05	0.00
MOSAICO AGROPECUARIO	-	1.79	1.77	70	78	81	0.00	139.71	143.20
PASTIZAL	-	3.28	6.23	69	79	84	0.00	259.46	523.72
VEGETACION ARBUSTIVA	-	1.61	1.33	67	77	83	0.00	123.68	110.07
VEGETACION HERBACEA	-	0.03	0.15	69	79	84	0.00	2.70	12.54
BOSQUE NATIVO	10.00	134.33	187.28	65	76	82	650.31	10209.38	15356.75
Numero de curva ponderado	79.2								
Abstracciones iniciales (mm)	13.3								

Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2020



La Tabla N° 3.3.48 presenta el número de curva determinado para cada subcuenca de la RODA.

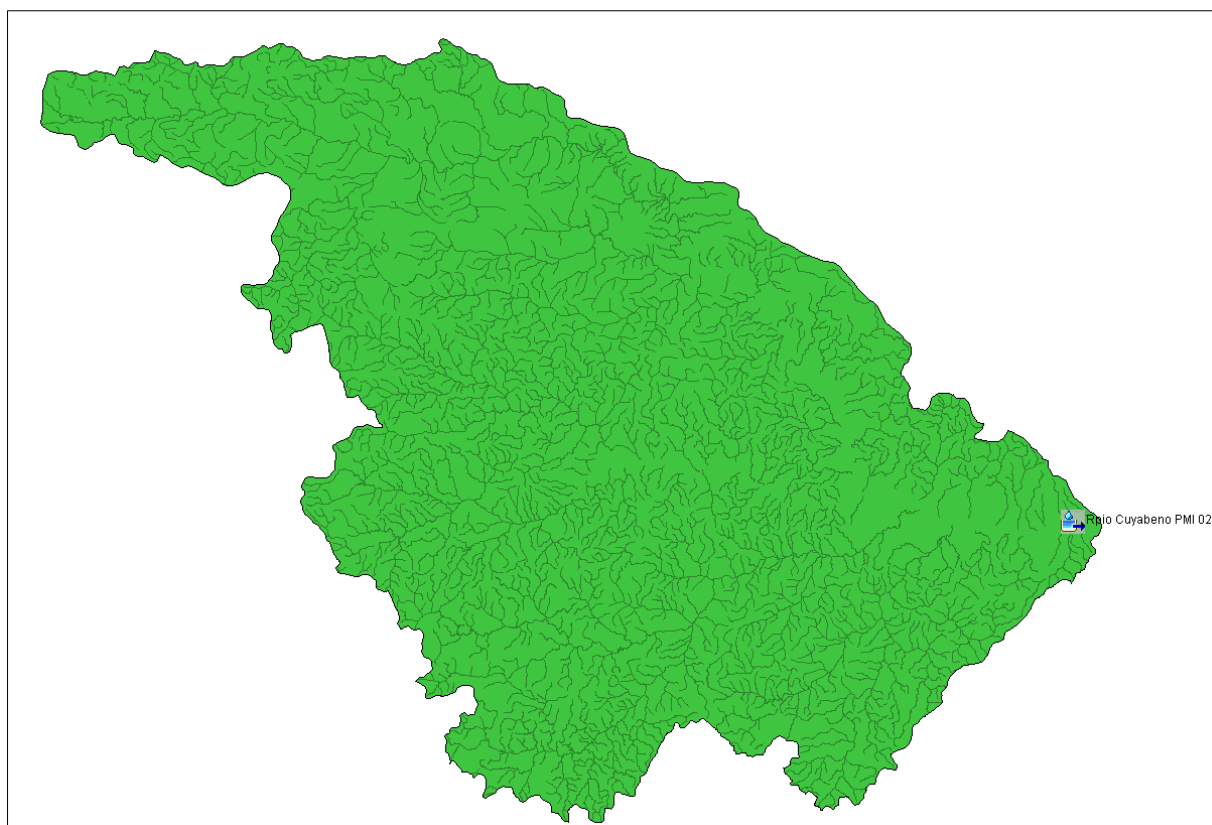
TABLA N° 3.3.48.- NÚMERO DE CURVA PONDERADO PARA LAS SUBCUENCAS DE INTERÉS – AMC II

Código	Nombre Subcuenca	Número de Curva NC II	Abstracciones Iniciales (mm)
PMI 02	Rio Cuyabeno	79.2	13.3
PMI 05	Quebrada Iwia Marian 4 10	80.6	12.2
PMI 07	Rio Tarapoa	78.1	14.2
PMI 09	Quebrada SN vía antigua	74.3	17.6
PMI 11	Pantano Vía Tarapoa antigua	81.0	11.9
PMI 13	Rio Libertad	82.3	10.9
PMI 17	Rio Chiritza	81.4	11.6

Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2020

A continuación, se presenta el modelo de la subcuenca del río Cuyabeno. Se realiza la estimación de caudales máximos considerando un modelo agregado, en la que se supone que la infiltración y la precipitación son uniformes sobre toda el área de drenaje de la subcuenca.

FIGURA N° 3.3.39.- MODELO DE CUENCA PARA UNA LLUVIA DE DURACIÓN 1260 MINUTOS – RÍO CUYABENO PMI 02



Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2020



La Tabla N° 3.3.49 resume los parámetros incorporados en el modelo HEC-HMS, para la modelación de los caudales máximos.

TABLA N° 3.3.49.- PARÁMETROS DEL MODELO HIDROLÓGICO DE CAUDALES MÁXIMOS

Código	Nombre Subcuenca	A (km ²)	D (min)	NC	Ia (mm)	LagT (min)	Qb (m ³ /s)
PMI 02	Rio Cuyabeno	351.49	1260	79.2	13.3	756	1.760
PMI 05	Quebrada Iwia Marian 4 10	5.27	120	80.6	12.2	78	0.026
PMI 07	Río Tarapoa	67.05	480	78.1	14.2	284	0.335
PMI 09	Quebrada SN vía antigua	8.36	255	74.3	17.6	149	0.042
PMI 11	Pantano Vía Tarapoa antigua	8.62	120	81.0	11.9	79	0.043
PMI 13	Rio Libertad	21.06	270	82.3	10.9	160	0.105
PMI 17	Rio Chiritza	10.28	120	81.4	11.6	80	0.051

Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2020

En donde:

A: superficie del área de drenaje (km²).

NC: número de curva condición media AMC II.

Ia: abstracciones iniciales, (mm).

D: duración de la tormenta, (min).

LagT: tiempo de retardo del hidrograma, (min).

Qb: caudal base, (m³/s).

Los caudales máximos con período de retorno para las subcuencas, estimados a través de Hidrogramas Unitarios se presentan en la Tabla N° 3.3.50.

TABLA N° 3.3.50.- CAUDALES MÁXIMOS CON PERÍODO DE RETORNO EN ÁREAS DE DRENAJE MAYORES A 5 KM²

Código	Nombre Subcuenca	A (km ²)	Caudal máximo con período de retorno (m ³ /s)				
			TR5	TR10	TR25	TR50	TR 100
PMI 02	Rio Cuyabeno	351.49	500.4	591.3	697.8	771.6	841.5
PMI 05	Quebrada Iwia Marian 4 10	5.27	36.0	41.5	48.2	52.9	57.4
PMI 07	Río Tarapoa	67.05	150.2	173.1	200.9	220.5	239.2
PMI 09	Quebrada SN vía antigua	8.36	26.8	31.3	36.9	40.8	44.6
PMI 11	Pantano Vía Tarapoa antigua	8.62	59.2	68.1	79.0	86.7	94.0
PMI 13	Rio Libertad	21.06	86.1	98.2	113.0	123.4	133.2
PMI 17	Rio Chiritza	10.28	70.9	81.5	94.5	103.6	112.3

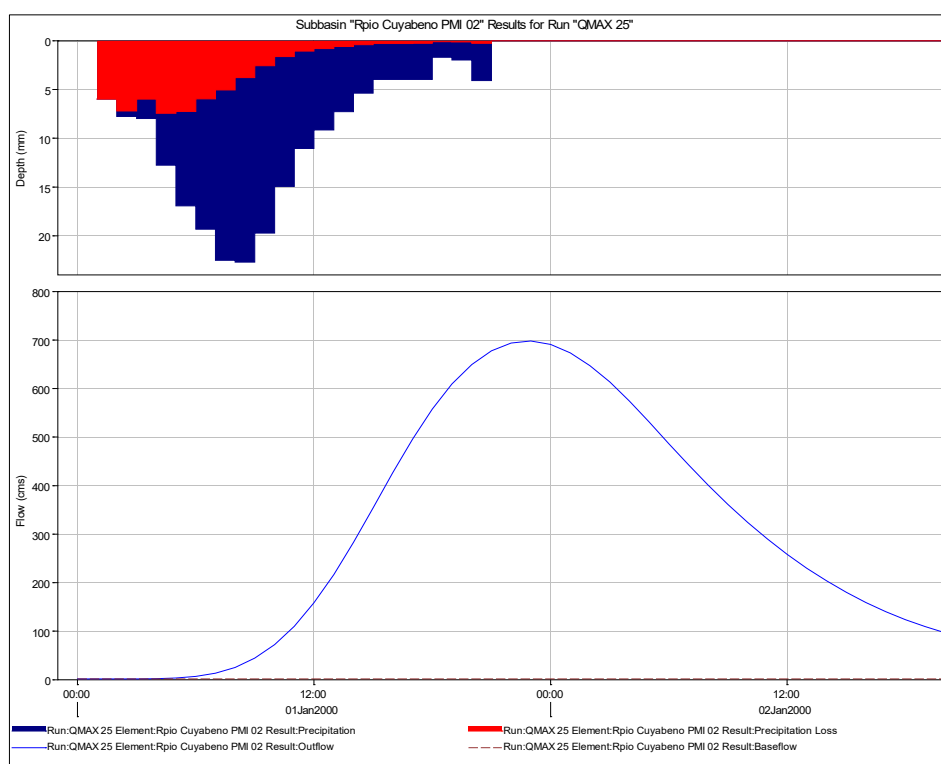
Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2020

Los caudales máximos específicos varían entre 2.0 y 11.0 m³/s/km².

En el Anexo 3.9.3 se incluyen los resultados del programa HEC HMS para diferentes períodos de retorno.

A continuación, se incluyen los hidrogramas de crecida establecidos en el programa HEC HMS para un período de retorno de 25 años:

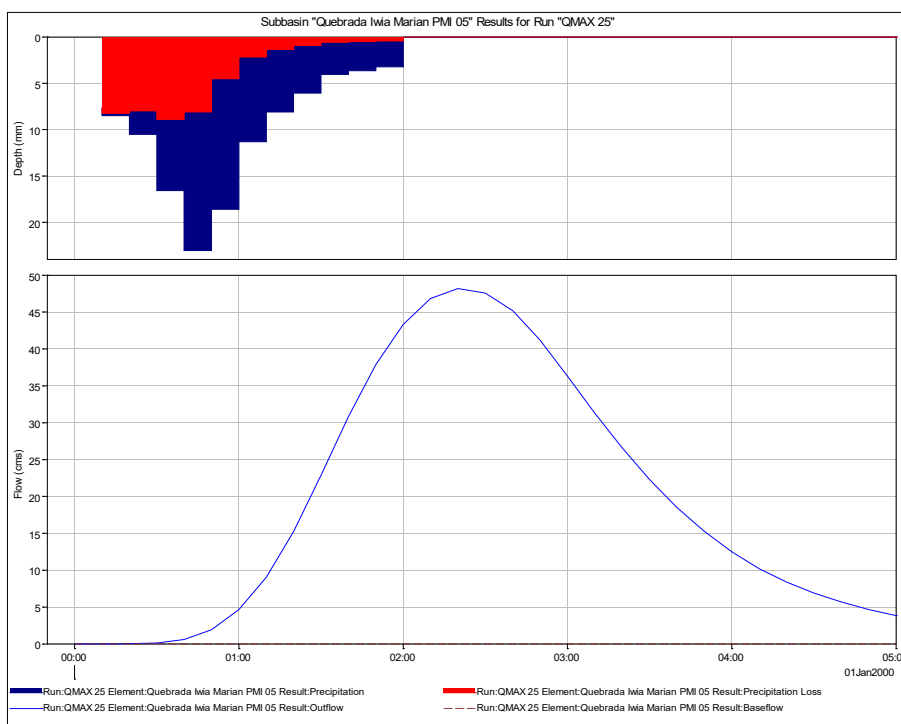
FIGURA N° 3.3.40.- HIDROGRAMA DE CRECIDA TR 25 AÑOS – RÍO CUYABENO PMI 02



Fuente: Envirotec Cía. Ltda., 2020

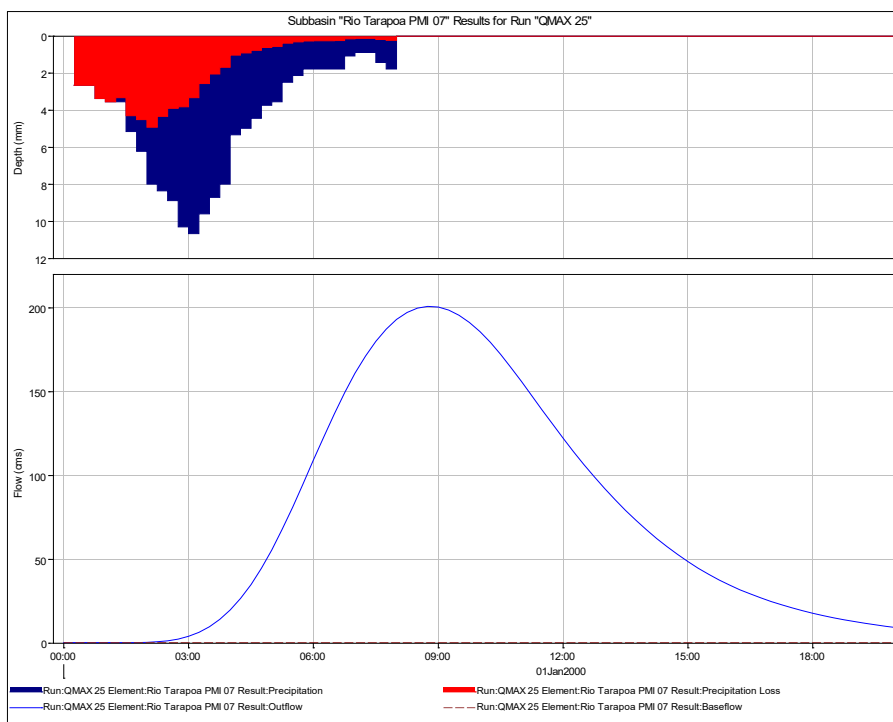


**FIGURA N° 3.3.41.- HIDROGRAMA DE CRECIDA TR 25 AÑOS – QUEBRADA IWIA MARIANN
4 PMI 05**



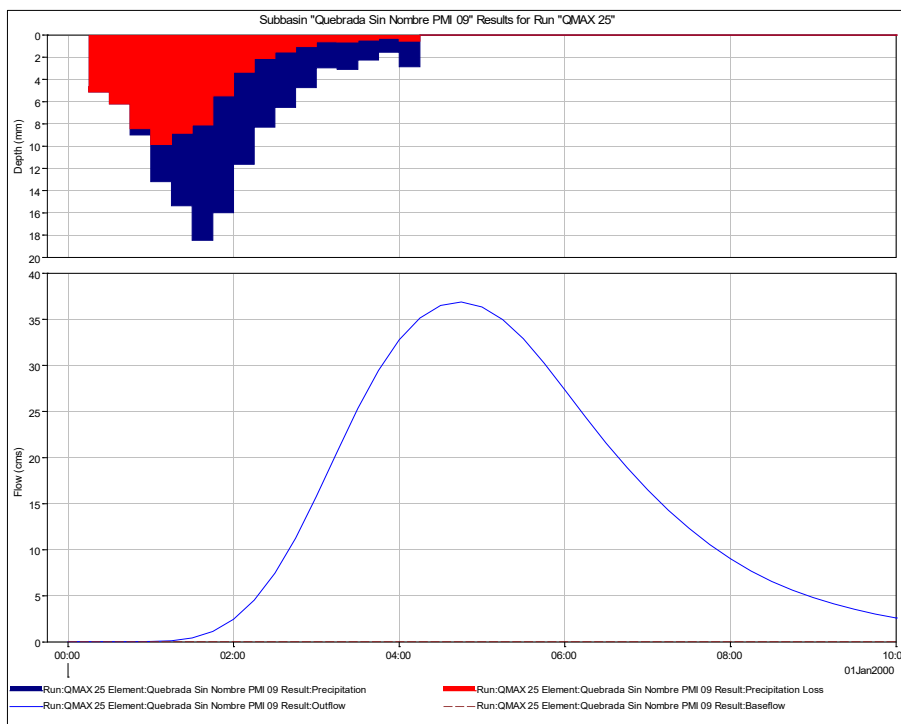
Fuente: Envirotec Cía. Ltda., 2020

FIGURA N° 3.3.42.- HIDROGRAMA DE CRECIDA TR 25 AÑOS – RÍO TARAPOA PMI 07



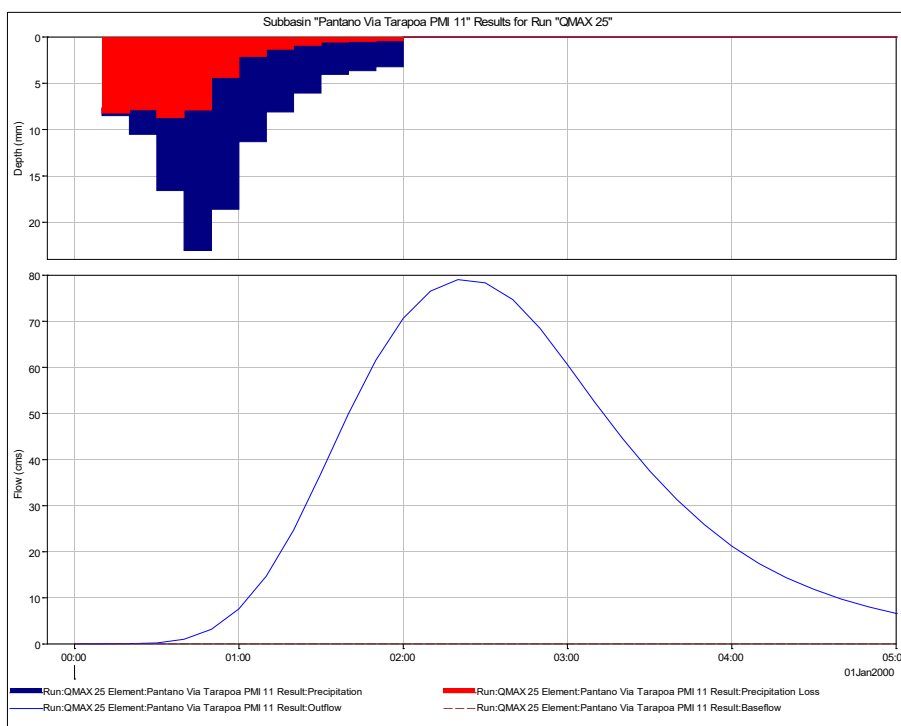
Fuente: Envirotec Cía. Ltda., 2020

**FIGURA N° 3.3.43.- HIDROGRAMA DE CRECIDA TR 25 AÑOS – QUEBRADA SIN NOMBRE
PMI 09**



Fuente: Envirotec Cía. Ltda., 2020

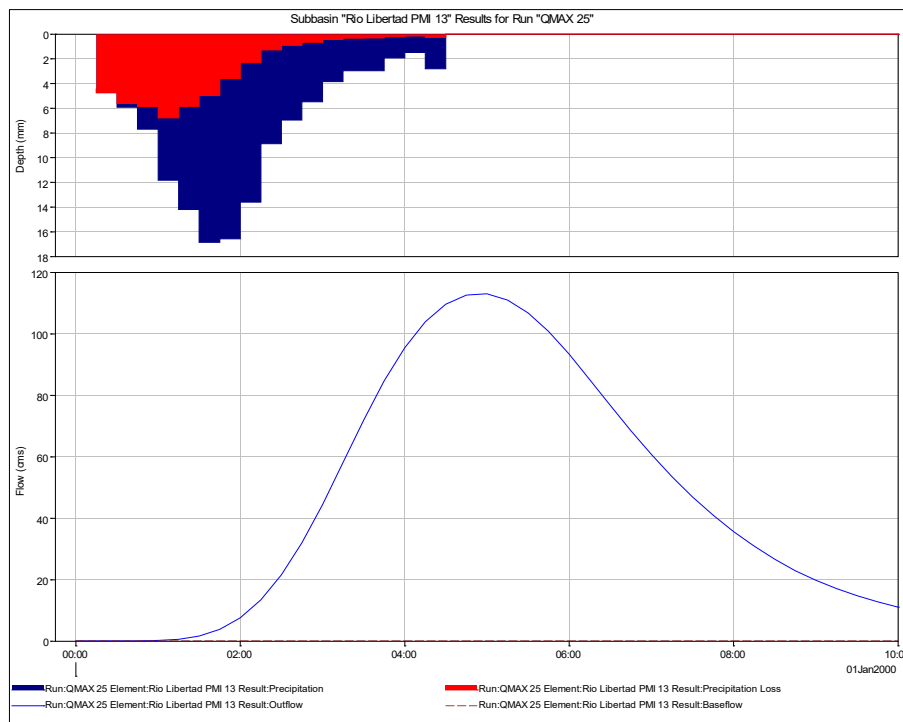
**FIGURA N° 3.3.44.- HIDROGRAMA DE CRECIDA TR 25 AÑOS – PANTANO VÍA TARAPOA
PMI 11**



Fuente: Envirotec Cía. Ltda., 2020

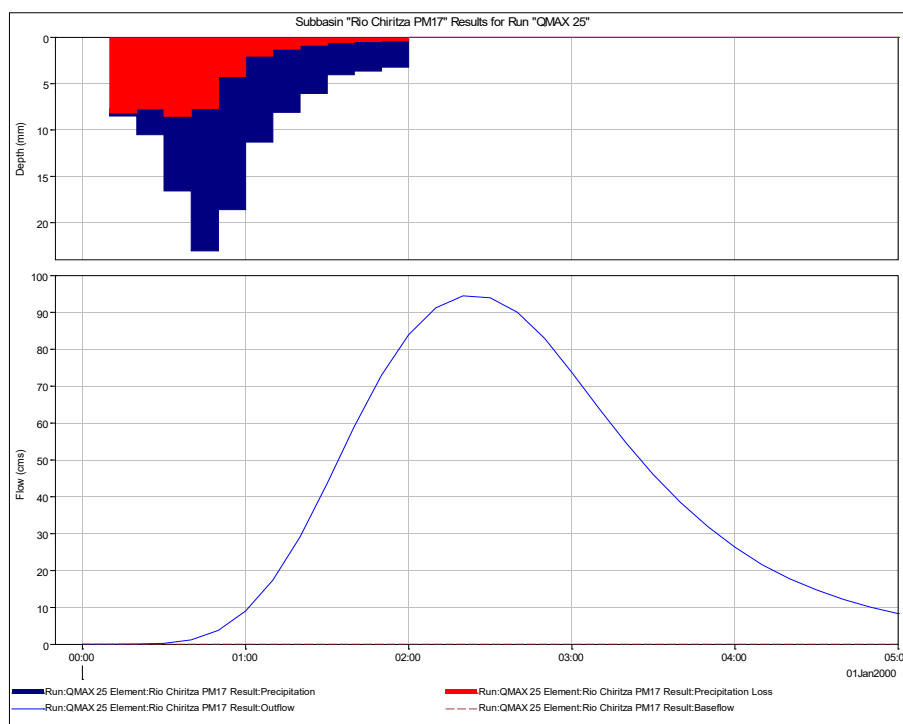


FIGURA N° 3.3.45.- HIDROGRAMA DE CRECIDA TR 25 AÑOS – RÍO LIBERTAD PMI 13



Fuente: Envirotec Cía. Ltda., 2020

FIGURA N° 3.3.46.- HIDROGRAMA DE CRECIDA TR 25 AÑOS – RÍO CHIRITZA PMI 17



Fuente: Envirotec Cía. Ltda., 2020



Caudales Máximos para Áreas de Drenaje Menores a 5 km²

Para estimar los caudales máximos, en áreas de drenaje menores a 5 km², se aplicó el Método Racional, el cual toma en consideración las características de la subcuenca de drenaje, tanto en extensión, como en el tipo de suelo-cobertura mediante un coeficiente denominado de escorrentía, el tiempo de concentración, así como las características climáticas de la Intensidad y duración de la lluvia.

Se tienen 16 subcuencas de interés que presentan áreas de aporte menores a 5 km².

La fórmula aplicada es:

$$Q = 0.278 \text{ c I A}$$

Donde:

Q: caudal máximo de diseño (m³/s).

C: coeficiente de escurrimiento.

I: intensidad de la tormenta (mm/hora).

A: área de aportación de la subcuenca (km²).

La escorrentía pico calculada es una función de la lluvia promedio durante el tiempo de concentración. La intensidad de lluvia se asume constante durante toda la tormenta.

Coeficiente de Escurrimiento

El coeficiente de escurrimiento es la relación entre la lámina de escurrimiento y la lámina de lluvia para la subcuenca de drenaje.

La escorrentía que alcanzará los drenajes depende del porcentaje de permeabilidad de las áreas de drenaje, de la pendiente, de la cobertura vegetal o uso del suelo, de la capacidad de retención de agua de la superficie, del tipo de suelo, etc. Superficies impermeables, tales como los pavimentos de asfalto o los techos de edificios, producirán una escorrentía de casi el ciento por ciento del volumen de precipitación caído en estas áreas.



La Tabla N° 3.3.46 presenta los valores de coeficientes, que dependen del uso del suelo en el área a ser drenada y del tipo de superficie, y también del período de retorno.

TABLA N° 3.3.51.- COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA DE REFERENCIA

Características de la Superficie	Período de Retorno (Años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas Desarrolladas							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/Techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas Verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición Pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0 - 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2 - 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición Promedio (cubierta de pasto menor del 50% al 75% del área)							
Plano, 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición Buena (cubierta de pasto mayor al 75% del área)							
Plano, 0 - 2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2 - 7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Áreas de Cultivos							
Plano, 0 - 2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2 - 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0 - 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2 - 7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Fuente: Hidrología Aplicada, Ven Te Chow, 1984

En la selección de los coeficientes de escorrentía se considera una pendiente superior a 7% en las subcuencas, y se pondera en función de los diferentes usos del suelo.

Los coeficientes de escorrentía adoptados para cada subcuenca se incluyen a continuación en la Tabla N° 3.3.52.

TABLA N° 3.3.52.- COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA DE LAS ÁREAS DE DRENAJE

Código	Nombre Subcuenca	A (km²)	Uso de Suelo	Período de Retorno (años)				
				5	10	25	50	100
PMI 01	Rio Cuyabeno Chico	1.05	Bosque y Pasto	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52
PMI 03	Quebrada SN Mirador	1.98	Bosque	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52
PMI 04	Quebrada Iwia Marian 10	1.62	Bosque y Pasto	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52
PMI 06	Quebrada SN Iwia	2.23	Bosque	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52
PMI 08	Canal Aguas Negras	0.62	Pasto	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53
PMI 10	Quebrada SN Campamento Satélite	0.98	Bosque	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52
PMI 12	Pantano El Triunfo	1.25	Bosque y Pasto	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53



Código	Nombre Subcuenca	A (km ²)	Uso de Suelo	Periodo de Retorno (años)				
				5	10	25	50	100
PMI 14	Pantano Estero Paz y Bien	0.83	Bosque y Pasto	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52
PMI 15	Quebrada SN Buena Fe	0.96	Bosque y Pasto	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52
PMI 16	Rio 17 de Abril	3.79	Bosque y Pasto	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52
PMI 18	Pantano	1.56	Bosque y Pasto	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52
PMI 19	Quebrada SN Derrame	0.52	Bosque y Pasto	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53
PMI 20	Estero SN 1	0.52	Bosque y Pasto	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52
PMI 21	Estero SN 2	0.72	Bosque y Pasto	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52
PMI 22	Pantano	1.13	Bosque y Pasto	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52
PMI 23	Estero SN 3	1.73	Bosque y Pasto	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52

Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2020

Análisis de Intensidades Máximas

Para el cálculo de las intensidades máximas, se tomó en cuenta la duración de la tormenta. A continuación, la Tabla N° 3.3.53 incluye los valores de intensidades máximas con periodo de retorno consideradas en el cálculo.

TABLA N° 3.3.53.- INTENSIDADES MÁXIMAS CON PERIODO DE RETORNO PARA ÁREAS DE DRENAJE (MM/H)

Código	Nombre Subcuenca	A (km ²)	Duración (min)	Periodo de Retorno (años)				
				5	10	25	50	100
PMI 01	Rio Cuyabeno Chico	1.05	60	92.9	101.6	112.1	119.3	126.2
PMI 03	Quebrada SN Mirador	1.98	60	92.9	101.6	112.1	119.3	126.2
PMI 04	Quebrada Iwia Marian 10	1.62	90	64.8	71.0	78.3	83.3	88.1
PMI 06	Quebrada SN Iwia	2.23	60	92.9	101.6	112.1	119.3	126.2
PMI 08	Canal Aguas Negras	0.62	120	50.3	55.0	60.7	64.6	68.3
PMI 10	Quebrada SN Campamento Satélite	0.98	70	81.0	88.6	97.8	104.1	110.1
PMI 12	Pantano El Triunfo	1.25	70	81.0	88.6	97.8	104.1	110.1
PMI 14	Pantano Estero Paz y Bien	0.83	40	115.5	126.4	139.4	148.4	156.9
PMI 15	Quebrada SN Buena Fe	0.96	60	92.9	101.6	112.1	119.3	126.2
PMI 16	Rio 17 de Abril	3.79	90	64.8	71.0	78.3	83.3	88.1
PMI 18	Pantano	1.56	60	92.9	101.6	112.1	119.3	126.2
PMI 19	Quebrada SN Derrame	0.52	40	115.5	126.4	139.4	148.4	156.9
PMI 20	Estero SN 1	0.52	40	115.5	126.4	139.4	148.4	156.9
PMI 21	Estero SN 2	0.72	60	92.9	101.6	112.1	119.3	126.2
PMI 22	Pantano	1.13	70	81.0	88.6	97.8	104.1	110.1
PMI 23	Estero SN 3	1.73	60	92.9	101.6	112.1	119.3	126.2

Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2020

Caudales Máximos

Aplicando el método racional se determinaron los caudales máximos con período de retorno, para cada una de las secciones de drenajes menores. La Tabla N° 3.3.54 presenta los valores de los caudales de crecida.

**TABLA N° 3.3.54.- CAUDALES MÁXIMOS CON PERIODO DE RETORNO PARA ÁREAS DE DRENAJE MENOR (M3/S)**

Código	Nombre Subcuenca	A (km ²)	Duración (min)	Periodo de Retorno (años)				
				5	10	25	50	100
PMI 01	Rio Cuyabeno Chico	1.05	60	10.61	12.20	14.78	16.77	19.22
PMI 03	Quebrada SN Mirador	1.98	60	19.88	22.86	27.68	31.42	36.01
PMI 04	Quebrada Iwia Marian 10	1.62	90	11.35	13.07	15.82	17.95	20.57
PMI 06	Quebrada SN Iwia	2.23	60	22.49	25.86	31.31	35.55	40.73
PMI 08	Canal Aguas Negras	0.62	120	3.45	3.96	4.79	5.43	6.21
PMI 10	Quebrada SN Campamento Satélite	0.98	70	8.62	9.91	12.01	13.63	15.62
PMI 12	Pantano El Triunfo	1.25	70	11.27	12.94	15.64	17.74	20.29
PMI 14	Pantano Estero Paz y Bien	0.83	40	10.43	12.00	14.53	16.49	18.89
PMI 15	Quebrada SN Buena Fe	0.96	60	9.68	11.13	13.48	15.30	17.53
PMI 16	Rio 17 de Abril	3.79	90	26.58	30.61	37.05	42.05	48.17
PMI 18	Pantano	1.56	60	15.74	18.10	21.92	24.88	28.52
PMI 19	Quebrada SN Derrame	0.52	40	6.69	7.69	9.29	10.53	12.04
PMI 20	Estero SN 1	0.52	40	6.47	7.44	9.01	10.23	11.72
PMI 21	Estero SN 2	0.72	60	7.28	8.38	10.14	11.51	13.19
PMI 22	Pantano	1.13	70	9.95	11.44	13.86	15.74	18.03
PMI 23	Estero SN 3	1.73	60	17.37	19.97	24.19	27.45	31.46

Fuente: Envirotec Cia. Ltda., 2020

Los caudales específicos máximos varían entre 8 y 23 m³/s/km², es decir, están dentro del rango esperado para áreas de drenaje pequeñas.

3.3.2.10 Calidad de Cuerpos Hídricos

Calidad de Cuerpos Hídricos

Con el fin de establecer las características fisicoquímicas y bacteriológicas de los cursos de agua se tomaron las siguientes muestras:

TABLA N° 3.3.55.- PUNTOS MUESTRAS DE AGUA

Código	Coordenadas WGS 84 UTM Z18S		Sitio Muestreo	Uso del Agua	Fecha	#Envases	Referencia Legal
	Este (m)	Norte (m)					
PMI - 01	353379	9996970	Rio Cuyabeno Chico	Uso doméstico (lavado de ropa)	19/12/2019	Plástico/vidrio	Tabla 9 RAOHE
PMI - 02	354223	9996560	Rio Cuyabeno	Uso doméstico (pesca, lavado de ropa, aseo personal)	19/12/2019	Plástico/vidrio	Tabla 9 RAOHE
PMI - 03	355250	9995239	Quebrada Mirador	Uso doméstico (lavado de ropa)	19/12/2019	Plástico/vidrio	Tabla 9 RAOHE
PMI - 04	355113	9990734	Quebrada Iwia Marian N° 10	Uso doméstico (lavado de ropa)	19/12/2019	Plástico/vidrio	Tabla 9 RAOHE
PMI - 05	356068	9990338	Quebrada Iwia Ushpa	Uso doméstico (lavado de ropa, aseo personal)	19/12/2019	Plástico/vidrio	Tabla 9 RAOHE
PMI - 06	357679	9989718	Quebrada S/N Iwia	Uso doméstico (pesca)	19/12/2019	Plástico/vidrio	Tabla 9 RAOHE



Código	Coordenadas WGS 84 UTM Z18S		Sitio Muestreo	Uso del Agua	Fecha	#Envases	Referencia Legal
	Este (m)	Norte (m)					
PMI – 07	357480	9988415	Rio Tarapuya (Aguas Negras)	Uso doméstico (pesca, lavado de ropa, aseo personal, transporte)	19/12/2019	Plástico/vidrio	Tabla 9 RAOHE
PMI – 08	355220	9985520	Canal Aguas Negras	Canal para desfogue de agua	19/12/2019	Plástico/vidrio	Tabla 9 RAOHE
PMI – 09	351910	9985965	Quebrada Vía Antigua	Uso doméstico (pesca)	19/12/2019	Plástico/vidrio	Tabla 9 RAOHE
PMI – 10	351750	9986648	Quebrada S/N	Uso agropecuario (ganadería)	19/12/2019	Plástico/vidrio	Tabla 9 RAOHE
PMI – 11	347608	9986372	Pantano Vía Tarapoa	Uso agropecuario (ganadería)	19/12/2019	Plástico/vidrio	Tabla 9 RAOHE
PMI – 12	344925	9987141	Pantano Triunfo	Uso agropecuario (ganadería)	19/12/2019	Plástico/vidrio	Tabla 9 RAOHE
PMI – 13	342118	9986454	Rio Libertad	Uso doméstico (pesca, lavado de ropa, aseo personal)	19/12/2019	Plástico/vidrio	Tabla 9 RAOHE
PMI – 14	339030	9986106	Pantano Paz y Bien	Uso agropecuario (ganadería)	19/12/2019	Plástico/vidrio	Tabla 9 RAOHE
PMI – 15	335993	9987639	Quebrada Buena Fe	Uso agropecuario (ganadería)	19/12/2019	Plástico/vidrio	Tabla 9 RAOHE
PMI – 16	333147	9990127	Rio 7 de abril	Uso doméstico y agropecuario (pesca, lavado de ropa, aseo personal, ganadería)	19/12/2019	Plástico/vidrio	Tabla 9 RAOHE
PMI – 17	331241	9991455	Rio Chiritza	Uso doméstico (pesca, lavado de ropa, aseo personal)	19/12/2019	Plástico/vidrio	Tabla 9 RAOHE
PMI – 18	329712	9992308	Pantano Fin de tramo a licenciar	Uso agropecuario (ganadería)	19/12/2019	Plástico/vidrio	Tabla 9 RAOHE
PMI – 19	353646	9997924	Derrame Reciento Equinoccio	Uso agropecuario (ganadería)	19/12/2019	Plástico/vidrio	Tabla 9 RAOHE

Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2019

En el Anexo 3.7.1, se presenta el registro fotográfico de las tomas de muestras.

Para determinar la calidad y estado de las aguas, se tomó como referencia los parámetros establecidos en la tabla 9 del RAOHE, y se comparó con la Tabla 1 y 2, Anexo 1 del A.M 097-A, Criterios de Calidad de fuentes de agua para consumo de agua y domésticos y Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios, respectivamente.

A continuación, se presenta los resultados de las muestras analizadas:

TABLA N° 3.3.56.- RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUAS

Parámetros	Límite Permissible Anexo 1 AM 097-A		Límite Cuantificación	PMI - 01	PMI - 02	PMI - 03	PMI - 04	PMI - 05	PMI - 06	PMI - 07
	Tabla 1	Tabla 2								
Amonio (mg/l)	--	--	0,32	< 0,32	< 0,32	< 0,32	< 0,32	< 0,32	< 0,32	< 0,32
DBO5 (mg/l)	<2	20	2	< 2,0	2	2	< 2,0	< 2,0	2,1	< 2,0
DQO (mg/l)	<4	40	30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30
Fenoles (mg/l)	-	0,001	0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025
TPH (mg/l)	0,2	0,5	0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Oxígeno Disuelto (mg/l)	-	> 80 %	1	6,2	6,7	7,6	7,4	7,4	7,6	6,3
Oxígeno Disuelto (%)	Mediante fórmula			68	73,4	83,3	81	81	83,3	69
Tensoactivos (Detergentes Aniónicos) (mg/l)	Mediante fórmula	0,5	0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Coliformes Fecales (E. Coli) (NMP/100ml)	1000	-	1	326	222	61	114	411	> 2420	179
Conductividad (en sitio)	-	-	10	4,9	5,2	3,7	7	4,4	5,7	11,7
pH (en sitio)	6-9	6,5-9	4	6	6,19	6,25	5,84	6,09	6,41	6,2
Temperatura (en sitio)	-	-	8							
Bario (mg/l)	1	1	0,1	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
Cadmio (mg/l)	0,02	0,001	0,01	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Cromo (mg/l)	0,05	0,032	0,01	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Níquel (mg/l)		0,025	0,02	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Plomo (mg/l)	0,01	0,001	0,05	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Vanadio (mg/l)		--	0,05	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050

Fuente: Resultados Laboratorios ANNCY, 2019

Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 019

Anexo 1 AM-09-A

TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO

TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS

TABLA N° 3.3.57.- CONTINUACIÓN RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUAS

Parámetros	Límite Permissible Anexo 1 AM 097-A		Límite Cuantificación	PMI - 08	PMI - 09	PMI - 10	PMI - 11	PMI - 12	PMI - 13	PMI - 14
	Tabla 1	Tabla 2								
Amonio (mg/l)	--	--	0,32	0,49	0,58	< 0,32	< 0,32	< 0,32	< 0,32	< 0,32
DBO5 (mg/l)	<2	20	2	< 2,0	< 2,0	< 2,0	2	< 2,0	2,5	2,4
DQO (mg/l)	<4	40	30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30

Parámetros	Límite Permissible Anexo 1 AM 097-A		Límite Cuantificación	PMI – 08	PMI – 09	PMI – 10	PMI – 11	PMI – 12	PMI – 13	PMI – 14
	Tabla 1	Tabla 2								
Fenoles (mg/l)	-	0,001	0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025
TPH (mg/l)	0,2	0,5	0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Oxígeno Disuelto (mg/l)	-	> 80 %	1	5,5	5,7	6,8	5,7	6,4	7,4	7,6
Oxígeno Disuelto (%)	Mediante fórmula			60,3	62,5	74,5	62,48	70,15	81	83,3
Tensoactivos (Detergentes Aniónicos) (mg/l)	Mediante fórmula	0,5	0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Coliformes Fecales (E. Coli) (NMP/100ml)	1000	-	1	> 2420	1733	1300	60	2420	687	687
Conductividad (en sitio)	-	-	10	41,8	72	19,3	9,1	14,6	6,9	6,7
pH (en sitio)	6-9	6,5-9	4	6,56	6,76	6,34	5,76	6,01	6,03	6,33
Temperatura (en sitio)	-	-	8							
Bario (mg/l)	1	1	0,1	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
Cadmio (mg/l)	0,02	0,001	0,01	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Cromo (mg/l)	0,05	0,032	0,01	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Níquel (mg/l)		0,025	0,02	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Plomo (mg/l)	0,01	0,001	0,05	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Vanadio (mg/l)	--	--	0,05	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050

Fuente: Resultados Laboratorios ANNCY, 2019

Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 019

Anexo 1 AM-09-A

TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO

TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS

TABLA N° 3.3.58.- CONTINUACIÓN RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUAS

Parámetros	Límite Permissible Anexo 1 AM 097-A		Límite Cuantificación	PMI – 15	PMI – 16	PMI – 17	PMI – 18	PMI – 19
	Tabla 1	Tabla 2						
Amonio (mg/l)	--	--	0,32	< 0,32	< 0,32	< 0,32	< 0,32	< 0,32
DBO5 (mg/l)	<2	20	2	< 2,0	2,2	< 2,0	2,2	< 2,0
DQO (mg/l)	<4	40	30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30
Fenoles (mg/l)	-	0,001	0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025
TPH (mg/l)	0,2	0,5	0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Oxígeno Disuelto (mg/l)	-	> 80 %	1	6,6	6,4	7,3	6,6	5,7
Oxígeno Disuelto (%)	Mediante fórmula			72,3	70,1	80,02	72,34	62,5

Parámetros	Límite Permisible Anexo 1 AM 097-A		Límite Cuantificación	PMI – 15	PMI – 16	PMI – 17	PMI – 18	PMI – 19
	Tabla 1	Tabla 2						
Tensoactivos (Detergentes Aniónicos) (mg/l)	Mediante fórmula	0,5	0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Coliformes Fecales (E. Coli) (NMP/100ml)	1000	-	1	121	1553	1553	770	> 2420
Conductividad (en sitio)	-	-	10	8,9	7,3	11,3	6,6	6,8
pH (en sitio)	6-9	6,5-9	4	6,11	6,54	6,7	5,98	6,12
Temperatura (en sitio)	-	-	8					
Bario (mg/l)	1	1	0,1	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
Cadmio (mg/l)	0,02	0,001	0,01	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Cromo (mg/l)	0,05	0,032	0,01	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Níquel (mg/l)		0,025	0,02	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Plomo (mg/l)	0,01	0,001	0,05	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Vanadio (mg/l)	--	--	0,05	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050

Fuente: Resultados Laboratorios ANNCY, 2019

Elaborado por: Envirotec Cia. Ltda., 2 019

Anexo 1 AM-09-A

TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO

TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS



De los resultados obtenidos en las muestras analizadas y su comparación con las regulaciones ambientales ecuatorianas se concluye lo siguiente:

El potencial de Hidrógeno (pH) de la mayoría de las muestras presenta, valores ácidos entre 6 a 6,76, cumpliendo el rango establecido en las Tablas 1 y 2 del Acuerdo Ministerial 097-A, mientras que las muestras PMI-04, PMI-11 Y PMI-18, tienen valores de pH de 5,84, 5,76, 5,98 respectivamente, las mismas que están bajo el límite de norma tomada como referencia. Todas las muestras de agua tienen el mismo comportamiento ácido en toda la zona.

Los valores de conductividad son relativamente bajos en la mayoría de las muestras, excepto en las muestras PMI-07, PMI-08, PMI-09, PMI-10, PMI-12, PMI-17, que tienen valores de conductividad más altos (entre 11,3 y 72 $\mu\text{s}/\text{cm}$).

La concentración de Oxígeno Disuelto en las muestras PMI-01, PMI-02, PMI-07, PMI-08, PMI-09, PMI-10, PMI-11, PMI-12, PMI-15, PMI-16, PMI-18 y PMI-19, presentan valores inferiores al establecido en la Tabla 2 Acuerdo Ministerial 097-A, con respecto al porcentaje de saturación (80%), lo cual puede indicar cierto grado de descomposición de materia orgánica sobre los cuerpos de agua.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), se denomina como la cantidad de oxígeno necesaria para degradar la materia orgánica biodegradable presente por efecto de las bacterias existentes en el cuerpo de agua. Los valores reportados de DBO_5 en todas las muestras cumplen con los límites establecidos en la Tabla 2 del Acuerdo Ministerial 097-A; sin embargo, para los límites de la tabla 1 (consumo humano) las muestras PMI-02, PMI-03, PMI-06, PMI-11, PMI-13, PMI-14, PMI-16 y PMI-18 sobrepasan el límite de la Tabla 1 del A.M 097A para consumo humano, su valor se encuentra entre 2 mg/lit y 2,5 mg/lit.

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno necesaria para degradar la materia orgánica biodegradable, mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida, así como la no biodegradable utilizando un oxidante fuerte. Los valores reportados en todas las muestras analizadas del Oleoducto RODA son menores a 30 mg/l,



todas cumplen con los límites permisibles de la tabla 2 del A.M 097A, sin embargo todas presentan incumplimiento con respecto a la Tabla 1.

La concentración de Amonio en la mayoría de las muestras es menor a 0,32 mg/l. Las muestras PMI-08 y PMI-09 presentan valores de 0,48 mg/l y 0,58 mg/l respectivamente. Estos valores son levemente altos (cauces naturales no suelen presentar más de 0,10 mg/l), lo cual demuestra que puede existir descomposición de materia orgánica en los cuerpos de agua, es concordante con los niveles de oxígeno y valores de DBO₅ de las muestras. No se tienen valores de límites permisibles de referencia.

Respecto a las concentraciones de Fenoles, es necesario aclarar que el laboratorio cuenta con un límite de detección de 0.025 mg/l y según requerimiento de la norma ISO/IEC 17025 no puede reportar valores por debajo de su límite de cuantificación; sin embargo los equipos utilizados sí registran los valores exactos de la medición, por lo que se adjunta en el Anexo 3.2.1.2 los resultados de las lecturas del equipo y se incluye una tabla comparativa entre estos resultados y los LPM, donde se identifica que el parámetro fenoles sobrepasa los límites permisibles en todas las muestras. Cabe destacar que las alteraciones en los valores de este parámetro pueden deberse a que en la zona es una práctica muy recurrente el lavado de ropa en los ríos o esteros; también es frecuente el uso de fertilizantes debido a la presencia de cultivos, lo que podría aumentar el aporte de fenoles en los ríos.

Con respecto al TPH, todas las muestras se encuentran por debajo de lo establecido en la Tabla 1 y Tabla 2 del Acuerdo Ministerial 097-A.

Los parámetros de sustancias tensoactivas se encuentran por debajo del límite establecido en el AM 097-A; para la preservación de flora y fauna.

Se evidencia la presencia de coliformes fecales en todas las muestras, sin embargo las muestras PMI-06, PMI-08, PMI-09, PMI-10, PMI-12, PMI-16, PMI-17, PMI-19, presentan valores por sobre lo establecido en la Tabla 1 del Acuerdo Ministerial 097-A, el resto de muestras presentan valores entre 100 y 800 NMP/100ml, cumpliendo con los LMP de la norma. La presencia de bacterias coliformes en estos cuerpos de agua es un



indicio de posible contaminación con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición, como presencia de ganadería en los alrededores.

Con respecto a la concentración de metales pesados; para Bario se establece un LMP de 1 mg/l para preservación de flora y fauna y para consumo humano; según los análisis todas las muestras resultaron tener un valor por debajo del LMP; para Cromo y Níquel todas las muestras, presentan valores menores al límite permisible para preservar la flora y fauna y consumo humano; el Vanadio en todas las muestras presentó valores menores a 0,05 mg/l. Para Cadmio y Plomo se establece un LMP de 0,001 mg/l para la preservación de flora y fauna y 0.1mg/l para consumo humano; en todas las muestras analizadas resultaron tener un valor menor a 0,01 mg/l, cumpliendo así con los criterios de calidad para consumo humano; sin embargo, para la preservación de flora y fauna, se presenta los resultados de las lecturas del equipo (Ver Anexo 3.11), donde se verifica que las muestras PMI-01, PMI-02, PMI-03, PMI-04, PMI-08, PMI-09, PMI-12 y PMI-014 cumplen los LMP, mientras que las muestras PMI-05, PMI-06, PMI-07, PMI-10, PMI-11, PMI-13, PMI-15, PMI-16, PMI-17, PMI-18 y PMI-19 sobrepasan el límite permisible de la Tabla 2 del Acuerdo Ministerial 097-A.

En el Anexo 3.2.1.1 se presentan los resultados de análisis de agua.

3.3.3 Conclusiones del Medio Físico

- La mayor parte del recorrido del Roda en el tramo en estudio (abscisas 45+600 – 98+500) se encuentra atravesando la formación Chambira, consistente en arcillas multi-color, con tonalidades rojizas. Esta formación está cubierta por suelos residuales resultantes de la meteorización de sus rocas. En la zona de la reserva Cuyabeno, y aproximadamente desde la abscisa 85+000 hacia el final del tramo estudiado, el RODA atraviesa depósitos aluviales asociados a la presencia de ríos
- La mayor parte del tramo del RODA en estudio atraviesa una zona de Colinas medianas, localmente se observó de elevación baja y de cimas redondeadas. Se identificó que esta geoforma constituye un peligro hacia el oleoducto cuando se



producen cortes de pendiente fuerte en el talud, ya que estos tienden a desestabilizarse y generar movimientos en masa.

- El RODA atraviesa zonas de terrazas asociadas a la presencia de ríos, estas zonas al ser mayormente planas, no se constituyen en un peligro hacia la infraestructura del oleoducto.
- También se pudo observar que el tramo del RODA en estudio atraviesa una tercera geoforma que es la Llanura aluvial. En estas zonas la morfología del terreno es generalmente plana formando zonas pantanosas, las cuales no amenazan a la infraestructura del oleoducto.
- En los alrededores de la Estación Chiritza se pudo apreciar colinas de baja elevación y ligeros procesos erosivos que no ponen en riesgo a la infraestructura de la estación.
- Se identificaron 23 puntos con riesgo bajo a fenómenos de remoción en masa, 4 puntos de riesgo moderado, 3 puntos como riesgo serio, finalmente 3 puntos fueron catalogados con un riesgo insignificante.
- Los puntos identificados como de riesgo serio se ubican referencialmente en las abscisas 45+630, 47+085 y 54+230. En ellos se verificaron fenómenos de remoción en masa y erosión que amenazan la infraestructura del RODA y en donde las medidas tomadas para mitigar el peligro no han sido suficientes.
- Los sectores señalados como de riesgo moderado ubicados en las abscisas 46+450, 47+165, 77+230 y 86+690 son zonas en donde han existido fenómenos de remoción en masa que inclusive ha llegado a generar ruptura del oleoducto, sin embargo, al haberse realizado obras para la estabilización de taludes, el riesgo ha sido minimizado.
- Una interacción observada en campo fue la existente entre el oleoducto y la carretera, debido a que ambas infraestructuras siguen el mismo trazado casi en su totalidad. En ocasiones, las cunetas de la vía en mal estado se convierten en zonas de infiltración de agua debilitando los taludes adyacentes y generando erosión o movimientos en masa que confluyen hacia el derecho de vía del RODA. El mantenimiento de la vía y los trabajos realizados para estabilizar los taludes,



favorecen y van de la mano con la conservación del derecho de vía y del oleoducto en la zona estudiada.

- Se realizó una revisión bibliográfica de las fallas activas existentes en la zona de implantación del RODA, así como del catálogo y las zonas sísmicas de la norma ecuatoriana de la construcción y debido a la lejanía de fuentes sísmicas y a la ausencia de registros sísmicos históricos, se catalogó a la zona de implantación del Roda entre las abscisas 45+600 y 98+500 como de Riesgo Sísmico Pequeño.
- El volcán más cercano a la zona de estudio es el Reventador, que se encuentra a 115 km de distancia de la estación Chiritza; los principales peligros asociados al volcán son las emisiones de ceniza, emisiones de flujos de lava y lahares. Las emisiones de ceniza en caso de una erupción VEI4 se dirigirían hacia el oeste debido a la dirección de los vientos. En la zona de estudio del RODA, el riesgo volcánico se ha catalogado como Insignificante.
- Se cotejó el trazado del RODA con los mapas de amenaza de inundación de la Secretaría de Gestión de Riesgos y se pudo verificar que un 43% se encuentra en zonas de amenaza de inundación muy alta, 42% en zonas de amenaza Alta y 15% en zonas de amenaza media. Debido a que la región oriental del Ecuador es una zona de altas precipitaciones y a la ubicación del RODA en las zonas de amenaza mencionadas, el nivel de riesgo de inundación ha sido calificado como Serio.
- En la zona de estudio se tomó como base para el muestreo la presencia de tres tipos de suelos: Entisol, Histosol e Inceptisol. Se excavaron 5 calicatas y se muestrearon los horizontes encontrados en ellas. En las calicatas AG-1 y AG-2 se identificaron dos horizontes, mientras que en el resto de las calicatas se muestrearon tres horizontes.
- Los resultados de análisis de laboratorio mostraron una predominancia en el contenido de limo en la textura del suelo.
- Los valores de humedad y pH se mostraron uniformes en todos los horizontes de suelo analizados, presentando valores medios de 28% y 5,4 respectivamente.
- Los valores de nutrientes analizados muestran valores dispersos pudiendo ser una causa los distintos usos destinados al suelo.



- Se realizó la toma de muestras en 11 sitios, aproximadamente cada 5 km en el recorrido del RODA, se realizó la toma de 15 submuestras para su posterior homogeneización y la obtención de una muestra de aproximadamente 1 kg. Posteriormente, se enviaron al laboratorio para su análisis según la tabla 6 del RAOHE. De los análisis de las muestras de suelo tomadas a lo largo del oleoducto, tramo a licenciarse, se concluye que ninguna tiene contaminación por hidrocarburos.
- En relación con la precipitación, los valores de pluviosidad de la zona comparados con los de otras regiones del Ecuador son elevados, teniendo 260 mm mensuales para la estación del “Coca Aeropuerto” y 294 mm mensuales para la estación de “Lago Agrio”. En la distribución al interior del año de las precipitaciones, se observa en general dos períodos húmedos que corresponden a los meses de abril a mayo y entre octubre a diciembre.
- El muestreo de Calidad de Aire efectuado en el punto de muestreo “Calidad de Aire Chiritza”, tubo resultados que se encuentran por debajo del estándar de la norma aplicable.
- Los focos emisores de ruido significativo corresponden a las actividades propias de la zona (ruidos silvestres) del Tramo estudiado, para los sitios MCRA 1 (constituido por cinco puntos de evaluación), MCRA 2 (constituido por seis puntos de evaluación) y MCRA 3 (constituido por tres puntos de evaluación).
- Las principales subcuencas en el tramo de análisis del oleoducto comprenden el río Cuyabeno, el río Tarapoa y el río Tarapuy, que aportan finalmente hacia el río Aguarico.
- Las áreas de drenaje analizadas corresponden a subcuencas hidrográficas pequeñas, con una superficie menor a 250 km². La subcuenca del río Cuyabeno presenta una superficie media por cuanto supera los 250 km².
- Las formas de las subcuencas principalmente son alargadas y ovaladas.
- Las pendientes de los cauces son bajas ($S \leq 3.0\%$), aspecto que se asocia con velocidades de flujo bastante bajas incluso en condiciones de crecida, por tanto, los tiempos de concentración son elevados.
- Las bajas pendientes de los cauces determinan zonas que originan meandros.



- Las pendientes de las superficies de drenaje de las subcuencas mayormente se ubican en el rango de 12 a 25% (pendientes medias), por la presencia de áreas colinadas.
- En las subcuencas hidrográficas a lo largo del tramo de análisis se presentan principalmente suelos Arcilloso (GHS -D) y francos arcillosos (GHS-C), es decir, se tienen suelos poco permeables, por lo que la infiltración será limitada.
- Esta condición de baja infiltración, junto con la morfología de ciertas áreas determinan la presencia de zonas pantanosas. La presencia de áreas pantanosas también ha sido influenciada por la implantación de infraestructura vial, por otro lado, se han construido canales de drenaje para evacuar las aguas de zonas pantanosas para el desarrollo de actividades agrícolas principalmente.
- El caudal medio específico para la estación H1133 Aguarico en Nueva Loja es igual a 132 l/s/km^2 .
- Las mediciones hidrológicas efectuadas en campo permitieron validar el modelo de estimación de caudales medios y mínimos adoptado. El caudal específico medio estimado para el área de estudio es de 65 L/s/km^2 .
- Se destaca que la zona de estudio no dispone de estaciones hidrológicas que permita la evaluación directa y el análisis de potenciales impactos sobre la cantidad de recurso.
- De acuerdo a la información del banco nacional de autorizaciones de SENAGUA, 2014, se registra un total de 23 autorizaciones, con un caudal total de 79 L/s, de los cuales 61 L/s se destinan a uso industrial. El caudal restante se utiliza para consumo humano y para uso piscícola.
- Los caudales máximos con período de retorno estimados para el tramo del oleoducto en análisis determinan caudales específicos entre 3 y $11 \text{ m}^3/\text{s/km}^2$ en las subcuencas mayores a 5 km^2 . En tanto que las subcuencas menores a 5 km^2 pueden alcanzar caudales específicos incluso mayores a $20 \text{ m}^3/\text{s/km}^2$, lo que indica que las condiciones de drenaje (suelos impermeables), junto con intensidades de lluvia importantes pueden producir crecidas de gran magnitud.



- Las bajas pendientes de los cauces y la presencia de vegetación provocan elevados niveles en caso de crecidas. Aunque se tiene áreas importantes de almacenamiento temporal de las aguas en las llanuras de inundación y zonas pantanosas.
- Los análisis de muestras de agua no presentaron presencia de hidrocarburos, en 8 de las muestras se tuvo presencia de Coliformes Fecales (E. Coli), dicha presencia de bacterias coliformes en estos cuerpos de agua es un indicio de posible contaminación con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición, como presencia de ganadería en los alrededores, y poblados cercanos a la zona.