

5.3.4 GEOLOGÍA

5.3.4.1 GENERALIDADES

La presente evaluación geológica plantea el reconocimiento de las principales formaciones rocosas del área, sus características físicas, químicas y estructurales, así como sus implicancias ambientales con respecto a las obras viales previstas por el proyecto. El estudio se desarrolla sobre la base de la información publicada por el INGEMMET en sus cuadrángulos geológicos a escala 1:100 000, complementados con trabajos de interpretación de imágenes de satélite Landsat 7 y observaciones directas en recorridos de campo.

La zona de estudio atraviesa un sector de selva alta sur de la Cordillera Oriental (km 300+000 - 325+000), de los departamentos de Puno y Madre de Dios, y un amplio sector de la selva baja sur oriental del país (km 610+000 – 710+000) ubicado en el departamento de Madre de Dios. El mapa geológico que acompaña este capítulo de Línea Base muestra el área a escala de 1:50 000.

En términos generales, la geología del área muestra la complejidad característica de la cordillera andina en el tramo correspondiente a la selva alta; aquí la diversidad petrográfica y las estructuras de deformación son frecuentes. En cambio, la geología del sector de selva baja se revela como bastante homogénea, lo que es propio de la depresión amazónica, donde la sedimentación paulatina ha ocurrido casi ininterrumpidamente a lo largo de prolongados períodos geológicos, y en la actualidad en superficie sólo afloran las formaciones aluvionales del Cuaternario, y muy excepcionalmente las formaciones sedimentarias del Terciario. Las formaciones más antiguas no afloran y se hallan únicamente en profundidad. Las variaciones en la naturaleza de los sedimentos cuaternarios son importantes en los aspectos de detalle.

5.3.4.2 GEOLOGÍA DEL SECTOR 1 (Km 300+000 – 325+000)

5.3.4.2.1 Estratigrafía

En el área de estudio las rocas sedimentarias aflorantes son esencialmente de edad cretácica; en menor proporción se tiene rocas sedimentarias más modernas, del Terciario, así como amplias zonas cubiertas por depósitos modernos del Cuaternario antiguo y reciente. La columna cronoestratigráfica del área está representada en el Cuadro 5.3-1, que se muestra al final de esta sección. La descripción de las unidades estratigráficas es la siguiente:

Cretácico

En el área de estudio la estratigrafía del Cretácico está representada por tres formaciones, mayormente arenosas: grupo Oriente y formaciones Chonta y Vivian, las cuales afloran únicamente en los primeros kilómetros del trazado. Las características de dichas formaciones son las siguientes:

a) Grupo Oriente

Esta formación fue descrita inicialmente por Morán R. M y Fyfe D. en 1933 y 1946 respectivamente, en la zona del bajo Pachitea, en el departamento de Huanuco. Se constituye de areniscas cuarzosas bien seleccionadas de grano fino a medio, blancas a amarillentas, en capas medianas a gruesas, en partes con buena porosidad y permeabilidad. Estas areniscas se intercalan con lutitas grises en paquetes

delgados a medianos. Tienen una notoria estratificación cruzada. Las rocas del grupo Oriente tienen amplia representación en el área de estudio, tanto formando parte de las laderas cercanas que bordean la carretera, como directamente formando el propio basamento rocoso en que se emplaza la vía.

En el puente Inambari, el grupo Oriente aflora conformando los núcleos de anticlinales de rumbo N 60° a 70° W, con un buzamiento que alcanza en la charnela de 10 a 12°.

La formación Aguas Calientes es la unidad superior de este grupo, se le considera de edad Albiano y Cenomaniano; su ambiente deposicional corresponde a un medio marino fluviátil, y por la estratificación cruzada y la textura de granos en arenisca, corresponde a una zona litoral, donde tenían influencia los ríos que aportan los sedimentos y las mareas y olas marinas en su distribución.

Las rocas del grupo Oriente afloran directamente en el substrato rocoso de la carretera en su primer kilómetro. En general esta formación presenta rocas bastante competentes y favorables para la construcción, ya que la mayoría de sus bancos de areniscas son resistentes, sin embargo, hay frecuentes intercalaciones de material blando inestable que favorece las acciones erosivas, como se observa en el corto tramo en que aparece en la vía esta formación, en sus primeros kilómetros que siguen al Puente Inambari, donde las intercalaciones de lutitas en las fuertes pendientes del flanco montañoso que bordea la vía sobre el río Inambari, provocan movimientos de masa muy activos que afectan la carretera.

b) Formación Chonta

Esta formación fue descrita inicialmente por Morán, R. M. y Fyfe, D. (1933), en el departamento de Huanuco, describiendo una serie constituida por lodolitas grises con intercalación de limolitas y calizas, que se ubican concordantes entre dos unidades litológicas arenosas como son: la formación Agua Caliente en la base y la formación Vivian en el techo. La formación Chonta se presenta únicamente en el primer kilómetro y medio de la vía.

Se destaca una gruesa secuencia arcillo limosa en algunos niveles arenosa, constituida por lutitas gris verdosas, limolitas rojo marrón y violáceas, en partes de color ocre amarillento por oxidación; margas gris rojizas, calizas grises, areniscas cuarzosas y siltstone blanquecino amarillento en capas medianas, ocasionalmente con huellas de gusanos y rizaduras. Forma anticlinales y sinclinales así como pliegues apretados con planos axiales verticales a subverticales. Se presenta en partes fallada y fracturada, observándose en las secuencias lutáceas material molido y disturbado.

El espesor es muy variado, no obstante en el río Inambari se estima que puede alcanzar 400 a 500 m, pudiendo ser mayor ya que su apreciación se complica por la cobertura cuaternaria que cubre gran parte de los afloramientos de esta formación.

Son numerosos los trabajos que aseveran la presencia de gasterópodos, branquiópodos, ostracodos y carofitas que pertenecen Cretáceo superior y que por su posición estratigráfica entre dos unidades, en la base del Albiano-Cenomaniano, y en el techo del Cretáceo terminal, se puede aseverar que su edad puede estar entre el Cenomaniano-Turoniano-Coniaciano. La sedimentación corresponde a aguas ligeramente salobres poco profundas, en parte de lagos, con condiciones anaeróbicas reductoras para los niveles lutáceos carbonosos y en partes oxidantes para los niveles de limolitas rojizas. Los niveles de arenisca se dan en medio transicional.

La formación Chonta incluye en buena parte de sus componentes a rocas poco consistentes y desfavorables para la construcción, las mismas que requieren medidas apropiadas para su estabilización.

Terciario

a) Grupo Huayabamba

Es la secuencia de Capas Rojas que descansan sobre las rocas cretáceas. Esta unidad, que representa gran parte del Paleógeno y Neógeno, es una secuencia de rocas sedimentarias de carácter clástico, de color rojizo y origen continental, depositadas en medios fluviales y con llanuras inundables, frecuentemente fangosas.

Las rocas terciarias del grupo Huayabamba afloran directamente en el trazo de la carretera, en el primer tercio de su recorrido, es decir en sus primeros 10 kilómetros. En este grupo se reconocen tres miembros, y los tres son en conjunto de edad terciaria, principalmente considerados como de edad eocena a miocena.

Huayabamba inferior

Esta unidad consiste de lutitas, limolitas y areniscas de color rojo ladrillo, en partes con coloraciones abigarradas, en algunos niveles con matriz calcárea. Se presentan en estratos medianos a delgados, pero en paquetes gruesos formados por varios de estos estratos alcanzando espesores de más de 200 m. En la base hay intercalaciones de lutitas grises a verdosas.

En el río Inambari, a 30 m de la desembocadura de la quebrada El Carmen se encontraron fósiles que indican un ambiente de formación deltaico continental de principios del Neógeno. En la parte inferior, su contacto con la formación cretácica Vivian es concordante, y su contacto superior con la unidad Huayabamba 2 es transicional.

Huayabamba medio

Corresponde a la secuencia que deviene en forma transicional del miembro inferior, consistente en lutitas y limolitas arcillosas rojo a marrón chocolate moteadas, en algunos niveles gris verdosa y lutitas calcáreas gris parduscas con concreciones. Se intercalan areniscas cuarzosas feldespáticas de color marrón claro, algo ocre, con laminación cruzada, las mismas que se presentan en capas medianas a delgadas, así como lentes fosilíferos que contienen gasterópodos.

Su contacto tanto en la base con el Huayabamba inferior como en el techo con el Huayabamba superior es concordante y gradacional.

Huayabamba superior

Es la secuencia más extendida, y consiste de areniscas feldespáticas cuarzosas gris claras de grano fino, en capas medianas, lodositas gris rojizas a marrón calcáreas intercaladas con otras de color gris verdoso en capas delgadas; en algunos lugares se observa yeso en la parte alta de la secuencia.

En general el grupo Huayabamba presenta rocas medianamente competentes para la construcción; generalmente duras o resistentes, tienen sin embargo, frecuentes intercalaciones de material blando inestable que favorece las acciones erosivas.

b) Formación Ipururo

En el área de estudio la estratigrafía del Neógeno (Mioceno) está representada por la formación Ipururo, la cual es una formación terciaria que corresponde según diversos estudios a la parte superior de la sedimentación de la formación Capas Rojas, que se extiende ampliamente en grandes regiones de la sierra y selva del país.

Esta formación aparece localmente en diversos sectores del área, al pie de las formaciones terciarias paleógenas Huayabamba, a veces cubiertas por potentes formaciones aluviales del Cuaternario antiguo (formación Madre de Dios).

Los afloramientos consisten de areniscas de grano medio a fino, observándose en el tope limolitas y arcillitas con escasos lentes de arenas. En el área el grosor de esta formación es de unos metros a unas decenas de metros, que afloran en cuerpos de arcillitas gris azuladas o limoarcillitas abigarradas de color pardo rojizas a gris azulado, en cuerpos masivos tabulares, y en algunos casos presentan intercalaciones calcáreas limoarenosas.

La formación Ipururo aflora directamente en el substrato de la vía, en los 4 últimos kilómetros del tramo evaluado, y además en este sector se presenta alternando con materiales sueltos aluviales de la formación Madre de Dios. Las rocas Ipururo representan condiciones de inestabilidad para la vía. Las facies arcillosas son con frecuencia algo plásticas, lo que favorece la ocurrencia de corrimientos de tierra y pequeños movimientos de masa. Sin embargo, la debilidad de los accidentes topográficos y la escasa pendiente del área disminuye estos riesgos haciéndolos bastante locales.

Cuaternario

a) Formación Madre de Dios

Esta formación aflora prácticamente en todo el área de estudio ya que los 2/3 del tramo evaluado se emplazan sobre estos tipos de rellenos cuaternarios, que cubren en discordancia erosional a la formación Ipururo. Al igual que la unidad anterior, consta de secuencias diversas de arcillitas, limolitas, arenas y gravas inconsolidadas a semiconsolidadas, hasta localmente endurecidas por la presencia de sustancias cementantes, como óxidos de hierro.

En detalle esta formación presenta tres miembros. El miembro A es la unidad basal y consiste de conglomerados con clastos de arcillas y líticos; estos materiales están endurecidos por los óxidos de hierro producidos por la lixiviación de sedimentos superiores. Este miembro presenta también secuencias de arenas de paleocanales fluviales, igualmente endurecidos por los óxidos. Esta unidad basal pasa gradualmente hacia el tope, a limos y arcillas menos endurecidas.

La unidad intermedia o miembro B presenta en la base una delgada capa de hematina, y está compuesta por arenas, limolitas y arcillas. El miembro A consta principalmente de arenas medias de color pardo amarillento, con interclastos de arcilla subredondeada. Los afloramientos del miembro A presentan abundantes óxidos de hierro y estratificación cruzada, también endurecidas por estos óxidos. En general la complejidad de estos miembros es muy acentuada y la variabilidad se produce notablemente en cortas distancias. Es muy difícil reconocer las características de estos miembros, y no se puede generalizar el predominio de un miembro u otro en determinados sectores. La edad de estas formaciones aluviales está datada en varios casos por mediciones al carbono 14, que permite ubicar los depósitos como de edad del Pleistoceno tardío.

La formación Madre de Dios representa una unidad de poca consistencia para la vía. La constitución arcillosa de muchos de sus sectores es una circunstancia desfavorable. Sin embargo no es muy plástica, y en varios casos las cementaciones contribuyen a darle estabilidad. Asimismo, el hecho de que la formación Madre de Dios aparezca en sectores llanos hace que la inestabilidad propia del material se minimice debido a la pendiente débil que no favorece las acciones erosivas.

b) Cuaternario Reciente

Bajo esta denominación se incluye un conjunto de depósitos diferenciados entre sí por su edad y posición estratigráfica de aluviones modernos. Son cuatro niveles de terrazas aluviales que se disponen sobre el Cuaternario Madre de Dios. El nivel más moderno (Qh-T4) es soporte de la vía entre los kilómetros 310 a 313, y está compuesto por aluviones recientes que alcanzan de 10 a 20 m de espesor y altura sobre las corrientes fluviales actuales. Se componen de arenas de grano fino, color gris con estratificación cruzada, hacia el tope aparecen arenas limosas. Son formaciones netamente inconsolidadas.

Otros niveles de terraza de litología similar, son el Qh-T3, T2 y T1, que se diferencian sobre todo por su posición estratigráfica, siendo la más antigua la T1. Ninguna de estas acumulaciones aflora directamente como substrato de la vía, aunque forman parte del área de influencia directa del estudio. Finalmente, el Cuaternario reciente presenta acumulaciones modernas a actuales de bancos de arenas, grava y limos en las zonas actualmente inundables (Qh-a).

Todos estos bancos de gravas y arenas constituyen placeres auríferos de diferente potencial, y en general son medios rocosos favorables a la construcción vial; estables, permeables; no requieren voladuras ni masivas remociones de material.

A continuación, el Cuadro 5.3.4-1 presenta la columna cronoestratigráfica del primer sector.

Cuadro 5.3.4-1 Columna cronoestratigráfica del Tramo 3, km 300+000 – 325+000

Era	Sistema	Grupo	Formación	Espesor	Descripción Litológica	
Cenozoico	Cuaternario		Aluvial reciente	0 a 300	Suelo arcillo limoso y arenoso, marrón claro. Conglomerado heterogéneo pobremente clasificado.	
			Terrazas aluviales Qh-t1, Qh-t2, Qh-t4		Conglomerado aluvial y torrencial, con cantos de cuarcitas, intrusivos y esquistos, en matriz areno-gravosa.	
			Madre de Dios		Gravas con matriz arcillosa. Areniscas y arcillas arenosas.	
	Terciario	Ipururo		500	Lodolitas marrones claras, moteadas y rojizas. Areniscas cuarzosas arcillosas de grano fino a grueso. Lodolitas rojas moteadas.	
			Huayabamba	H3	400	Lodolitas marrón rojizas oscuras, calcáreas.
				H1		Lodolitas rojo ladrillo con intercalaciones de areniscas.
Mesozoico	Cretáceo		Chonta	200 a 800	Limolitas y lutitas abigarradas, varían de rojo púrpura a gris; calcáreo y en parte carbonoso. Arenisca cuarzosa gris clara de grano fino. Limolitas arcillosas gris verdosas, fisibles.	
		Oriente	Aguas Calientes	200 a 300	Areniscas cuarzosas de granos medios a gruesos, redondeados, blanquecinos con laminación cruzada.	

5.3.4.2.2 Rocas Intrusivas

En el sector evaluado para el trazo que va del km 300+000 al 325+000, no se ha evidenciado la presencia de intrusiones ígneas.

5.3.4.2.3 Geología Estructural

El área de estudio se encuentra específicamente en la unidad morfoestructural andina conocida como Faja Subandina. En general esta faja se halla inmediatamente al este de la Cordillera Oriental, la cual se formó en el Paleozoico, sufrió las deformaciones producidas por la tectónica hercínica, luego se hundió a fondos marinos durante casi todo el Mesozoico, para luego elevarse nuevamente con la tectónica andina de fines del Cretácico al Terciario. Durante este lapso, las rocas sedimentarias que cubren a la cordillera oriental se pliegan también formando una faja que bordea a la cordillera Oriental, con sus formaciones cretácicas del grupo Oriente, Chonta y Vivian, así como sus formaciones terciarias Huayabamba e Ipururo.

El conjunto de la faja subandina muestra un claro alineamiento estructural, en el que las formaciones tienen un definido rumbo casi de este a oeste, que contrasta con la mayoritaria deformación andina, de rumbo sur este – noroeste. Esta variación en el rumbo formacional andino se debe a la deformación producida por la deflexión de Abancay, bajo la presión de los esfuerzos y subducción de la placa Nazca bajo la placa sudamericana.

Durante el Meso-Cenozoico la faja subandina mostró una tendencia negativa formando una cuenca longitudinal en la que se depositó una espesa serie marino – continental. El tectonismo causó plegamiento y callamiento inverso subvertical. Formó una apretada secuencia de anticlinales y sinclinales, con fallas de sobreescurreamiento que ponen en contacto las formaciones cretácicas y terciarias, y con fallas perpendiculares al rumbo de los pliegues. El drenaje actual y las propias formas del relieve quedan muy controladas por la geología estructural, ya que las montañas, colinas y valles quedan dispuestos a manera de fajas correlativas al alineamiento que presentan las formaciones sedimentarias.

5.3.4.2.4 Sismicidad

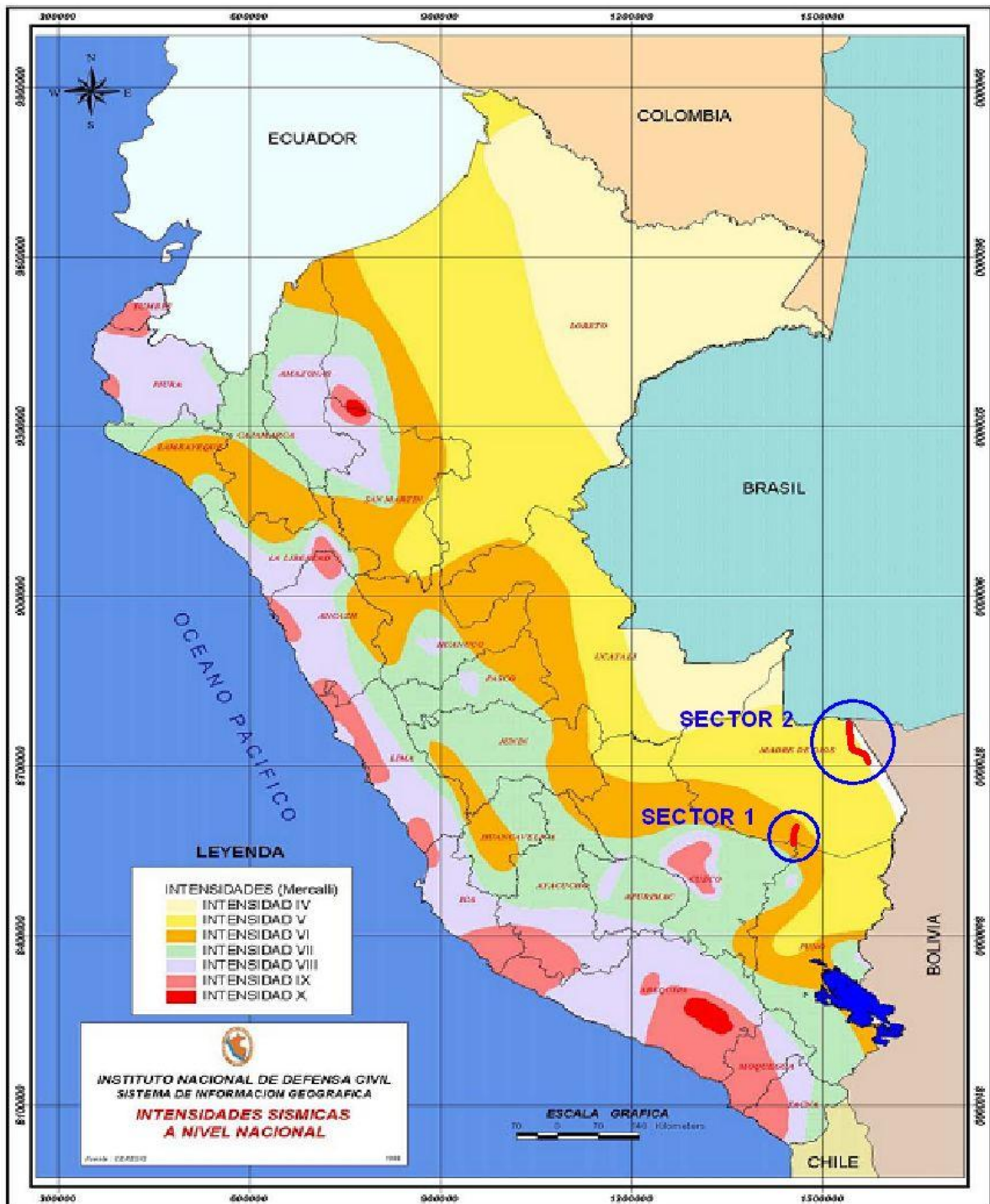
La zona en estudio se halla en una franja de territorio donde la sensibilidad sísmica es intermedia a baja. Si bien la mayor parte del país es altamente sísmica, en razón de que nuestro territorio es parte del llamado Círculo de Fuego del Pacífico (el cual es una zona de la corteza terrestre de alto dinamismo, con esfuerzos tectónicos, volcanismo y movimientos orogénicos prolongados), la zona específica de esta carretera se halla en una franja de transición entre los relieves altamente sísmicos de la costa y sierra, y la zona de actividad sísmica reducida de los llanos depresionados de la amazonía.

En nuestro país, la actividad sísmica es el resultado de la dinámica de las placas en las que asienta nuestro territorio; por un lado la placa oceánica de Nazca, del litoral hacia el oeste, y por el otro la placa sudamericana.

El proceso es que ambas placas convergen y “colisionan” aproximadamente en el borde pacífico. La placa oceánica, más pesada o densa, se hunde o subducciona bajo la placa sudamericana, que es de carácter continental, de rocas más livianas que la placa oceánica. La subducción avanza a una velocidad de algunos centímetros anuales, y la penetración de la placa oceánica bajo la sudamericana provoca frecuentes fricciones corticales con liberación de energía como movimientos sísmicos, que son tanto más frecuentes e intensos, cuando más cerca nos encontramos hacia el litoral donde se produce la subducción. Este tramo se halla bastante alejado de la zona de convergencia de las placas.

Según la Carta de Intensidades Sísmicas publicadas por el Instituto de Defensa Civil, el área en estudio se halla en una zona en la que la actividad sísmica es relativamente débil, con movimientos que la Carta estima como máximo de grado V en la escala de Mercalli (sobre un máximo de X que se estima pueden ocurrir en sectores muy localizados del país, ver figura 5.3.4-1). De acuerdo a esta circunstancia se considera que el riesgo sísmico en el área es poco significativo.

Figura 5.3.4-1 Carta de Intensidades Sísmicas a Nivel Nacional



5.3.4.2.5 Hidrogeología

En este tramo, ubicado en la selva alta, las condiciones hidrogeológicas son casi similares a lo largo de la vía, debido a la poca variabilidad litológica de las formaciones geológicas, caracterizadas por un predominio de areniscas y limolitas, secundariamente por lutitas y calizas; en un medio climático de alta pluviosidad y un relieve dominante de montañas bajas y colinas de alta pendiente. Las aguas subterráneas en este sector, se identifican por acuíferos y manantiales, cuyos caudales mantienen cierta persistencia a lo largo de todo el año. En el tramo, los acuíferos son mayoritariamente de tipo confinado o semiconfinado, vale decir se hallan entre capas impermeables o semipermeables (acuitardos); pero también debido al tectonismo, las aguas subterráneas pueden circular a través de las fracturas, dando lugar a manantiales de regular caudal. Acuíferos libres o no confinados, ocurren sólo en las terrazas aluviales que se extienden en las márgenes del río Inambari.

Tres sectores diferenciados pueden ser reconocidos a lo largo del trazo de la vía:

Sector entre el km 300+000 y 300+000 y 302+500

En este sector, la vía cruza relieves montañosos cuyo substrato se encuentra constituido por rocas del grupo Oriente y de la formación Chonta; integrado el primero, por areniscas cuarzosas de buena porosidad y permeabilidad con algunas intercalaciones de lutitas; y el segundo por una secuencia de lutitas con intercalaciones de limolitas y calizas; estas unidades conforman un pliegue anticlinal de carácter regional. Algunas de las capas arenosas, constituyen importantes acuíferos confinados o semiconfinados, entre paquetes de lutitas o limolitas impermeables o semipermeables (acuitardos), los que orientan el flujo de las aguas subterráneas según el buzamiento de los estratos. También es posible, que el fracturamiento tectónico de lugar al surgimiento de manantiales, pero la hojarasca y el frondoso bosque tropical, limitan su observación.

b) Sector entre el km 302+500 y 310+000

Este tramo recorre un relieve de montañas bajas, cuyo substrato rocoso pertenece al grupo Huayabamba, constituido por limo-arcillitas y areniscas de grano fino a medio, algunas de cuyas capas, dependiendo de su porosidad y permeabilidad pueden constituir acuíferos capaces de almacenar y circular aguas subterráneas, las que se orientarían según el buzamiento de los estratos hacia el noreste.

c) Sector entre el Km 310+000 y 325+000

Este tramo de la vía recorre por terrazas medias aluviales, que se desarrollan en la margen derecha del río Inambari, las que se encuentran conformadas por conglomerados de gravas gruesas y medias con matriz areno-limosa, característicamente de buena porosidad y permeabilidad. En este tramo, es posible detectar acuíferos libres importantes cuya profundidad oscila entre 4 y 6 metros; siendo su fuente de alimentación las lluvias y las pequeñas quebradas que lo cruzan; no se descarta la participación de manantiales subterráneos, provenientes de las colinas aledañas. También es posible que ocurran pequeños acuíferos confinados, entre capas arcillosas.

5.3.4.3 GEOLOGÍA DEL SECTOR 2 (Km 610+000 – 710+000)

5.3.4.3.1 Estratigrafía

En el área de estudio las rocas sedimentarias aflorantes son únicamente del Neógeno y del Cuaternario. Las rocas más antiguas están totalmente cubiertas por las rocas aflorantes. La columna cronoestratigráfica del área está representada en el cuadro 5.3-2, que se muestra al final de esta sección. La descripción de las unidades estratigráficas es la siguiente:

Neógeno

a) Formación Ipururo

En el área de estudio la estratigrafía del Neógeno (Mioceno) está representada por la formación Ipururo, la cual es una formación terciaria que corresponde según diversos estudios a la parte superior de la sedimentación de la formación Capas Rojas, que se extiende ampliamente en grandes regiones de la sierra y selva del país.

Esta formación aparece localmente en diversos sectores del área, principalmente en los cortes más profundos que hacen los ríos y quebradas, donde esta formación aparece infrayaciendo en discordancia erosional a los depósitos cuaternarios de la formación Madre de Dios. También se presentan en sectores donde la carretera corta las colinas y ondulaciones topográficas del área.

Los afloramientos consisten de areniscas de grano medio a fino, observándose en el tope limolitas y arcillitas con escasos lentes de arenas. En el área el grosor de esta formación es de unos metros a unas decenas de metros, que afloran en cuerpos de arcillitas gris azuladas o limoarcillitas abigarradas de color pardo rojizas a gris azulado, en cuerpos masivos tabulares, y en algunos casos presentan intercalaciones calcáreas limoarenosas.

La formación Ipururo representa condiciones de inestabilidad para la vía. Las facies arcillosas son con frecuencia bastante plásticas, lo que favorece la ocurrencia de corrimientos de tierra y pequeños movimientos de masa. Sin embargo, la debilidad de los accidentes topográficos y la escasa pendiente del área disminuye estos riesgos haciéndolos bastante locales.

Neógeno - Cuaternario

a) Formación Madre de Dios

Esta formación aflora prácticamente en todo el área de estudio cubriendo en discordancia erosional a la formación Ipururo. Al igual que la unidad anterior, consta de secuencias diversas de arcillitas, limolitas, arenas y gravas inconsolidadas a semiconsolidadas, hasta localmente endurecidas por la presencia de sustancias cementantes, como óxidos de hierro.

En detalle esta formación presenta tres miembros. El miembro A es la unidad basal y consiste de conglomerados con clastos de arcillas y líticos; estos materiales están endurecidos por los óxidos de hierro producidos por la lixiviación de sedimentos superiores. Este miembro presenta también secuencias de arenas de paleocanales fluviales, igualmente endurecidos por los óxidos. Esta unidad basal pasa gradualmente hacia el tope, a limos y arcillas menos endurecidas.

La unidad intermedia o miembro B presenta en la base una delgada capa de hematina, y está compuesta por arenas, limolitas y arcillas. El miembro A consta principalmente de arenas medias de color pardo amarillento, con interclastos de arcilla subredondeada. Los afloramientos del miembro A presentan abundantes óxidos de hierro y estratificación cruzada, también endurecidas por estos óxidos. En general la complejidad de estos miembros es muy acentuada y la variabilidad se produce notablemente en cortas distancias. Es muy difícil reconocer las características de estos miembros, y no se puede generalizar el predominio de un miembro u otro en determinados sectores.

La edad de estas formaciones aluviales está datada en varios casos por mediciones al carbono 14, que permite ubicar los depósitos como de edad del Pleistoceno tardío, pero en conjunto para toda la región se asume que son depósitos que abarcan desde el Terciario, desde fines del Plioceno.

Al igual que la unidad anterior, la formación Madre de Dios representa una unidad de poca consistencia para la vía. La constitución arcillosa de muchos de sus sectores es una circunstancia desfavorable. Sin embargo no es muy plástica, y en varios casos las cementaciones contribuyen a darle estabilidad.

Cuaternario

El Cuaternario está compuesto por terrazas y suelos eluviales de grosor variable. Las terrazas cronológicamente están referidas a antiguas y recientes según el origen de sus depósitos. Se distinguen dos niveles de terraza:

- Terraza Q-2

Constituida por aluviones recientes que alcanzan de 10 a 20 m de espesor y altura sobre las corrientes fluviales actuales. Se componen de arenas de grano fino, color gris con estratificación cruzada, hacia el tope aparecen arenas limosas. Son formaciones netamente inconsolidadas.

- Terraza Q-1

Arenas finas de granos subredondeados a redondeados con abundante cuarzo y estratificación cruzada; hacia la parte superior presentan limos arenosos de color gris.

Las terrazas tienen en general una baja capacidad portante como soporte de la vía, sobre todo por la abundancia de elementos arcillosos y material fino, a veces con propiedades plásticas. Sin embargo, la horizontalidad topográfica de las terrazas, sobre todo en los meses de sequedad climática resultan condiciones que les proporcionan una marcada estabilidad.

A continuación se presenta la columna cronoestratigráfica del segundo sector.

Cuadro 5.3.4-2 Columna cronoestratigráfica del Tramo 3, km 610+000 – 710+000

Era	Sistema	Grupo	Formación	Espesor	Descripción Litológica
Cenozoico	Cuaternario		Terraza Q-2	50	Arena, limo inconsolidado, con cuarzo, feldespato, fragmentos líticos, ferromagnesianos, con estratificación sesgada.
			Terraza Q-1		
			Madre de Dios	50 - 100	Arcilla limosa, arcilla arenosa semiconsolidada, masivas; marrón rojizo; arenas semiconsolidadas. Conglomerados de clastos arcillosos
Terciario		Ipururo		500	Lodolitas marrones claras, moteadas y rojizas. Areniscas cuarzosas arcillosas de grano fino a grueso. Lodolitas rojas moteadas.

5.3.4.3.2 Rocas Intrusivas

En el sector evaluado para el trazo que va del km 0+000 al km 80+000, no se ha evidenciado la presencia de intrusiones ígneas, y de otro lado, la gran extensión y profundidad de los sedimentos terciarios y cuaternarios, con escaso lineamiento y pliegues de amplio radio de curvatura, hacen improbable su presencia

5.3.4.3.3 Geología Estructural

Estructuralmente el área de estudio pertenece a la subcuenca Madre de Dios – Beni, la cual es una cuenca de antearco formada bajo eventos tectónicos contraccionales. La actividad tectónica de esta cuenca se relaciona a su vez con la evolución orogénica de los Andes, cuando el mecanismo de acortamiento de retroarco que ocasionó el tectonismo en dirección este, afectó a la amazonía (Rassanen, 1993).

La subcuenca Madre de Dios – Beni es una unidad morfoestructural cenozoica situada entre los elementos geotectónicos positivos mayores conocidos como la cordillera oriental, el arco de Fitzcarrald y el cratón brasileño. La subcuenca o depresión actúa como un elemento negativo subsidente, que tiene un área aproximada de 100,000 km².

Las tendencias direccionales dominantes de carácter estructural en el área de estudio, se expresan mediante alineamientos de dirección nor oeste – sur este, con líneas de longitudes que van de 2 a 8 km. Algunos alineamientos son fallas, como una que resulta tangencial al río Tahuamanu (cerca de Iberia), que ha fracturado y distorsionado las arcillitas Ipururo. Estos alineamientos tienen el rumbo de la deformación andina, pero también existen en menor proporción estructuras de dirección norte – sur y nor este – sur oeste. En general los fallamientos son relativamente recientes y más o menos activos, por lo que representan algunos riesgos de carácter geológico para la seguridad de la vía.

Las formaciones sedimentarias Ipururo y Madre de Dios conforman los elementos superficiales geológicos del área de estudio, y su sedimentación tuvo lugar desde el Mioceno; en este período se depositaron sedimentos de ambientes continentales creados por sistemas fluviales provenientes de los Andes, que cubrieron la cuenca de retroarco que se formó entre la cordillera oriental y el cratón brasilero. El carácter de la sedimentación fue de fluvio lacustre y pantanoso predominantemente.

Movimientos tectónicos correlativos a la fase III de la tectónica andina originaron fallas direccionales y esfuerzos de compresión y distensión en los niveles superiores de la formación Ipururo; estos movimientos habrían reactivado el levantamiento del arco de Fitzcarrald que ya existía, contribuyendo a separar las cuencas de Madre de Dios y Ucayali.

5.3.4.3.4 Sismicidad

Este tramo se halla en el extremo suroriental del país, bastante alejado de la zona de influencia sísmica de la convergencia de las placas oceánica Nazca y continental Sudamericana. Por ello, la ocurrencia de sismos en esta zona es muy eventual, y en los pocos casos que existe, casi siempre con débil intensidad. La Carta de Intensidades Sísmicas publicada por el Instituto de Defensa Civil, indica para la zona en estudio, movimientos sísmicos que como máximo tienen intensidades en la escala de Mercalli de V y IV, siendo esta última el valor más bajo para el territorio nacional (sobre un máximo de X que se estima pueden ocurrir en sectores muy localizados del país, ver figura 5.3-1, en las páginas anteriores referidas al sub tramo del km 300+000 al 325+000). De acuerdo a esta circunstancia se considera que el riesgo sísmico en el área es poco significativo.

5.3.4.3.5 Hidrogeología

Este tramo se ubica íntegramente en la selva baja, cuyas condiciones hidrogeológicas son muy similares en todo su recorrido, por la poca variabilidad litológica de los materiales, caracterizados por un predominio de conglomerados, arenas, limos y arcillas; en un relieve de lomadas y colinas y un medio climático de alta pluviosidad. Las aguas subterráneas de este sector, se identifican por napas acuíferas cuyos caudales mantienen cierta persistencia durante todo el año. Aquí los acuíferos son mayoritariamente de tipo confinado en los sedimentos del terciario-cuaternario, en tanto que los no confinados son mayoritarios en las terrazas aluviales.

Cinco sectores más o menos diferenciados pueden ser reconocidos a lo largo del trazo de la vía.

a) Sectores entre el Km 610+000 a 624+000 y 629+000 a 709+500

En estos dos sectores, la vía recorre un territorio de colinas y lomadas conformadas por capas de la formación Madre de Dios, unidad geológica que se halla integrada por conglomerados, arenas y arcillas. Algunas capas de esta unidad, presentan una regular porosidad y permeabilidad, por lo que pueden dar lugar a acuíferos confinados o semiconfinados de mediano caudal, emplazados entre paquetes arcillosos o limolíticos impermeables o semipermeables (acuitardos); debido al buzamiento subhorizontal de las capas las aguas no son transportadas a gran profundidad. La hojarasca y la frondosa cobertura boscosa tropical, son factores que impiden identificar el afloramiento de los manantiales.

b) Sector entre el Km 624+000 y 627+000

En este tramo, la vía bordea una superficie de extensos aguajales que constituyen zonas de acuicludos, vale decir, es una formación geológica saturada de agua pero que no la transmite. Los aguajales son sectores muy sensibles ecológicamente, por lo que deben extremarse las medidas de control, para evitar su afectación.

c) Sector entre el Km 627+000 y 629+000

En este tramo, la vía cruza las terrazas aluviales del río Tahuamanu, conformadas por arenas y limo-arcillas. En este sector, podrían reconocerse acuíferos cuyas profundidades se hallan entre 2 y 4 metros.

d) Sector entre el Km 709+500 y 710+000

Este tramo de la vía recorre por terrazas medias aluviales, que se desarrollan en la margen derecha del río Acre, conformadas por arenas finas y arenas limoarcillosas con restos de materia orgánica. En este tramo, es posible detectar napas acuíferas cuya profundidad oscila entre 2 y 4 metros; siendo su fuente de alimentación las precipitaciones pluviales y las pequeñas quebradas que lo cruzan.

En todo este tramo los manantiales son frecuentes y por sus características litológicas y climáticas son generalmente de carácter permanente y de regular a mediano caudal, por lo que la escorrentía subterránea o subsuperficial es normalmente de gran recorrido. Sin embargo, a pesar de la ocurrencia numerosa de acuíferos y manantiales, las poblaciones locales poco los utilizan.