

CAPITULO IV.- GEOTECNIA

4.1 INVESTIGACIONES GEOTECNICAS Y ENSAYOS DE LABORATORIO

Las investigaciones geotécnicas fueron elaboradas como parte de las investigaciones geológicas y geotécnicas, con el objetivo de obtener la información necesaria para el desarrollo del Estudio, y ha comprendido los trabajos de: perforaciones diamantinas con recuperación de muestras de roca (testigos) y excavación de calicatas.

4.1.1 SONDAJES DIAMANTINOS

Fueron ejecutadas por el método rotativo con recuperación continua de testigos, usando coronas diamantadas y agua con bentonita como fluido de refrigeración, siguiendo las normas de Diamond Core Drilling Manufacture Asociation, (D. C. M. A.), además de haber tenido en cuenta las especificaciones técnicas pertinentes.

Con la finalidad de obtener la máxima recuperación posible de testigos y de mayor representatividad, se han aplicado criterios técnicos adecuados, algunos de los cuales se mencionan a manera de referencias:

- Se observó que el ritmo de penetración no fuera superior a la velocidad de corte del tubo exterior, es decir la presión fue mínima.
- La velocidad de rotación alcanzada estuvo en función de las características del material, evitando causar fracturamiento o trituración.
- La longitud de corrida siempre fue menor que la longitud del muestreador, evitando en lo posible que la muestra sea comprimida

Durante los trabajos de perforación y de acuerdo a las características de suelos y rocas se han presentado las siguientes características técnicas de perforación:

CUADRO N° 4-1

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE PERFORACION

AVANCES	SUELOS	ROCAS
<ul style="list-style-type: none"> - Récord de perforación - Recuperación 	<ul style="list-style-type: none"> - Clase de suelo - Composición Granulométrica - Humedad Natural - Densidad - Materia Orgánica 	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo Litológico - RQD - Grado de Alteración - Grado de Dureza - Grado de Fracturamiento - Calidad del Macizo

Para lograr los objetivos trazados y de acuerdo a las condiciones del terreno, se perforaron 24 sondajes con una longitud total de 636.10 m. La relación de perforación se presenta en el cuadro adjunto y el Formato del registro de Perforación en el anexo respectivo

4.1.2 CALICATAS

Se perforaron un total de 34 calicatas, cuyas características principales son las siguientes:

- Método : Manual, a cielo abierto con toma de muestras alteradas e inalteradas.
- Sección : 1.0 x 1.50 m
- Profundidad : 1.50 a 3.00 m
- Registro : Clase de suelo, composición granulométrica, humedad natural, densidad, materia orgánica

Por otro lado permitieron la obtención de muestras alteradas e inalteradas para ser enviadas al laboratorio para los ensayos respectivos y conocer sus propiedades físico - mecánicas.

En el cuadro N° 01 se resume las calicatas ejecutadas y la relación de las respectivas muestras alteradas e inalteradas obtenidas.

CUADRO N° 4-2

RELACION DE PERFORACIONES DIAMANTINAS

ITEM	CODIGO DE SONDAJE	FENOMENO GEOLÓGICO	PROFUNDIDAD ml		FECHA		DIAMETRO FINAL	PRUEBAS INSITU
			PROG.	EJEC.	INICIO	FIN		
01	SDN - 01	DESLIZAMIENTO	30.0	30.0	03/07/02	05/07/02	NX	
02	SDN - 02	DESLIZAMIENTO	50.0	50.0	08/07/02	14/07/02	NX	
03	SDN - 02 A	DESLIZAMIENTO	50.0	50.0	15/07/99	18/07/99	NX	
04	SDN - 03	DESLIZAMIENTO	40.0	20.0	27/07/02	07/08/02	NX	
05	SDN - 04	DESLIZAMIENTO	40.0	30.0	06/08/02	07/08/02	NX	
06	SDN - 05	DESLIZAMIENTO	35.0	35.0	05/08/02	17/08/02	NX	
07	SDN - 06	DESLIZAMIENTO	40.0	30.0	20/08/02	21/08/02	NX	
08	SDN - 07	DESLIZAMIENTO	50.0	25.0	27/08/02	29/08/02	NX	
09	SDN - 08	DESLIZAMIENTO	40.0	40.0	21/08/02	24/08/02	NX	
10	SDN - 09	PUENTE TINGO	10.0	10.0	30/08/02	31/08/02	NX	
11	SDN - 10	PUENTE TINGO	10.0	15.0	03/09/02	06/09/02	NX	
12	SDN - 11	PUENTE TINGO	10.0	10.0	31/08/02	02/09/02	NX	
13	SDN - 12	TRAMO EROSIONADO	10.0	15.0	07/01/00	08/01/00	NX	
14	SDN - 13	TRAMO EROSIONADO	10.0	18.0	08/09/02	09/09/02	NX	
15	SDN - 15	TRAMO EROSIONADO	10.0	10.0	10/09/02	12/09/02	NX	
16	SDN - 16	TRAMO HUNDIDO	30.0	35.0	14/09/02	22/09/02	NX	
17	SDN - 17	TRAMO HUNDIDO	30.0	35.0	23/09/02	27/09/02	NX	
18	SDN - 18	TRAMO HUNDIDO	35.0	35.0	10/10/02	12/10/02	NX	
19	SDN - 19	TRAMO HUNDIDO	40.0	30.0	13/10/02	15/10/02	NX	
20	SDN - 20	DESLIZAMIENTO	30.0	30.0	28/10/02	04/11/02	NX	SHELBY
21	SDN - 21	DESLIZAMIENTO	30.0	28.0	15/09/02	18/09/02	NX	SHELBY
22	SDN - 22	DESLIZAMIENTO	30.0	20.0	18/09/02	19/09/02	NX	SHELBY
23	SDN - 23	DESLIZAMIENTO	0.0	35.0	20/09/02	21/09/02	NX	SHELBY
T O T A L :			660.0	636.0				

CUADRO N°: 4-3

TRINCHERAS DE INVESTIGACION GEOTÉCNICAS

PROGRESIVA	CODIGO	m ³
295+560	T – 01	8.00
295+200	T – 02	8.00
294+890	T – 03	9.00
294+600	T – 04	7.50
293+970	T – 05	6.00
290+230	T – 06	9.00
289+690	T – 07	7.50
284+320	T – 08	6.75
280+450	T – 09	6.00
280+000	T – 10	6.75
279+500	T – 11	30.00
278+070	T – 12	8.00
276+100	T – 13	8.00
275+540	T – 14	8.00
275+240	T – 15	9.00
273+000	T – 16	7.50
272+860	T – 17	7.50
270+380	T – 18	7.50
269+424	T – 19	7.50
269+250	T – 20	5.00
268+560	T – 21	7.50
266+860	T – 22	7.50
266+300	T – 23	7.50
266+000	T – 24	0.00
264+200	T – 25	7.50
262+900	T – 26	7.50
262+310	T – 27	5.00
262+080	T – 28	5.00
260+820	T – 29	7.50
260+600	T – 30	6.00
260+300	T – 31	0.00
260+050	T – 32	7.50
259+340	T – 33	7.50
259+400	T – 34	8.40
TOTAL		256.90

CALICATAS DE INVESTIGACION GEOTÉCNICAS

PROGRESIVA	CODIGO	PROFUND
297+700	CA - 01	3.0
296+580	CA - 02	3.0
296+230	CA - 03	3.0
295+560	CA - 04	3.0
294+830	CA - 05	3.0
293+970	CA - 06	1.0
293+235	CA - 07	0.0
292+705	CA - 08	3.0
291+855	CA - 09	2.6
290+240	CA - 10	3.0
285+670	CA - 11	3.0
285+540	CA - 12	2.5
284+410	CA - 13	3.0
284+000	CA - 14	3.0
280+520	CA - 15	3.5
280+000	CA - 16	3.0
279+580	CA - 17	2.5
278+920	CA - 18	3.0
278+420	CA - 19	2.0
278+330	CA - 20	2.0
278+060	CA - 21	3.0
276+100	CA - 22	3.3
275+540	CA - 23	2.0
275+240	CA - 24	3.0
275+000	CA - 25	3.0
273+000	CA - 26	3.0
272+860	CA - 27	3.0
270+380	CA - 28	3.1
269+860	CA - 29	3.0
269+424	CA - 30	3.0
269+250	CA - 31	3.1
268+560	CA - 32	2.6
266+860	CA - 33	3.0
266+300	CA - 34	2.5
266+000	CA - 35	3.0
266+000	CA - 36	0.0
265+000	CA - 37	3.0
264+590	CA - 38	2.5
263+965	CA - 39	3.0
262+860	CA - 40	2.5
262+240	CA - 41	3.0
262+000	CA - 42	2.5
260+820	CA - 43	3.0
260+820	CA - 43 A	3.0
260+600	CA - 44	3.0
260+480	CA - 45	3.1
260+300	CA - 46	3.0
260+035	CA - 47	3.0
260+035	CA - 47 A	3.0
259+900	CA - 48	2.5
259+340	CA - 49	2.5
259+300	CA - 50	2.7
TOTAL		141.0

4.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

La evaluación de las características ingeniero - geológicas de los suelos y rocas, presentes en la zona del proyecto fue realizada en la fase de los ensayos de mecánica de suelos de las muestras alteradas e inalteradas tomadas tanto en las calicatas como en las perforaciones rotativas.

4.2.1 SUELOS

Los ensayos de mecánica de suelos, ejecutadas en los Laboratorios de la Universidad Nacional de Ingeniería, han incluido los siguientes:

CUADRO N° 4-5

ENSAYOS DE LABORATORIO Y NORMAS

ENSAYO	NORMA
Granulometría por Tamizado y por Sedimentación	ASTM D2216 – D421 D422 – D427 – D2487
Limites de Atterberg	ASTM – D4318
Densidad y Humedad Natural	ASTM – D2937
Compresión no Confinada	ASTM – D2166
Corte Directo	ASTM – D3080
Expansión ó Asentamiento	ASTM – D4546 – Método A
Consolidación	ASTM – D2435
Compresión Triaxial no consolidada y no drenada	ASTM – D2850
Permeabilidad	ASTM – D5084 –90

El número total de ensayos ejecutados, así como los resultados de las propiedades físico-mecánico, agrupadas por tramos y tipos de suelos se presenta en el Cuadro N° 4 - 7.

4.2.2 ROCAS

Los resultados de los ensayos de mecánica de rocas, agrupados por tipos litológicos, se presenta en el Cuadro N° 4 - 6 y se describe a continuación:

Areniscas del Grupo Mitu

Este tipo litológico presenta valores promedios de Peso Especifico 2.57 gr/cm^3 , Porosidad de 1.87 % y Absorción de 0.95 %.

De igual manera estas rocas se caracterizan por su alta resistencia a la compresión: Promedio $1,063 \text{ kg/cm}^2$ y máximo $1,847 \text{ kg/cm}^2$.

En la zona de alteración la porosidad aumenta hasta 4% y la absorción hasta 2%

Calizas de la Formación Chimú

Los valores característicos para este tipo litológico son: Peso Especifico 2.66 gr/cm^3 , Porosidad 1.3 %, Absorción 0.78 % y Resistencia a la Compresión $1,063 \text{ kg./cm}$ y máximo $1,847 \text{ kg/cm}^2$.

Calizas de la Formación Quilquiñán.

Estas rocas se caracterizan con valores promedios de: Peso Especifico, fuera de la zona de alteración, de 2.48 gr/cm^3 y Porosidad 9.4 % .

Lutitas de la Formación Celendín

Las rocas no alteradas se caracterizan con Peso Volumétrico 2.57 gr/cm^3 , Porosidad 9.4 gr/cm^3 y resistencia baja de 48 gr/cm^2

4.3 ZONIFICACION GEOTECNICA

4.3.1 TRAMO I.- Km. 259+000 - Km. 270+000

Se puede afirmar que en forma general que todo este tramo presenta condiciones geotécnicas muy difíciles.

Litológicamente este tramo esta conformado por una secuencia con intercalaciones de margas, lutitas parcialmente de color amarillo ocre, limoarcillitas grises y algunas calizas nodulares gris a beiges, en estratos delgados menores de 60 cm. de grosor pertenecientes a la Formación Celendín; que por efecto de la alteración y/o erosión forman suelos arcillo limosos de color pardo amarillento claro, bastante erosionables, que cubren elevaciones suaves.

Los suelos de acuerdo a su composición granulométrica presentan alto contenido de la fracción limo – arcillosa (promedio 63.50% y máximo 95%), con Límite líquido promedio de 46.80%, y tienen las siguientes propiedades físico – mecánicas:

▶ Limite Liquido	:	46.80	
▶ Limite Plástico	:	19.60	
▶ Indice de Plasticidad	:	26.32	
▶ Corte Directo			
ϕ	:	18° - 35°	
c	:	0.10 – 0.60	kg/cm ²
▶ Compresión Triaxial			
Fuera de la zona de falla			
ϕ	:	19.90°	
c	:	0.97	kg./cm ²
En la zona de falla			
ϕ	:	4.90°	
c	:	0.50	kg/cm ²
▶ Densidad Natural Seca	:	1.59 – 1.70	kg/cm ²
▶ Humedad Natural	:	10 – 20 %	
▶ Compresión No Confinada	:	0.4 – 0.8	kg/cm ²
▶ Expansión Libre	:	4.15 %	
▶ Permeabilidad	:	3.1 E-08	cm/sg

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos con suelos similares en otros proyectos, se considera que los parámetros físicos y de resistencia de los suelos en el sector afectado por agrietamientos son las siguientes:

Densidad Natural (γ_n)	=	1.7 Tn/m ³
Cohesión (Resistencia Drenada) C'	=	10 Tn/m ²
Angulo Fricción (Resistencia Drenada) ϕ'	=	20°

De lo expuesto, se considera que los movimientos geodinámicos del talud superior son originados por los siguientes factores:

- Altas pendientes de los taludes de suelos arcillo gravosos.
- Masas de suelos arcillo gravosos, saturados, de baja resistencia al corte.

En forma general este tramo, se caracteriza por la presencia de grandes deslizamientos activos y semiestables. Específicamente se presentan hasta tres deslizamientos localizados en los siguientes sectores:

Prog. 260+640 – 260+760 y Prog. 260+800 – 260+940

Estos tramos están conformados por material coluvial y de flujo producto de la descomposición por intemperismo de las lutitas de la Formación Celendín, caracterizado por su naturaleza arcillosa, muy plástica, material fácilmente erosionable que al contacto con el agua forma fácilmente flujos de lodo.

Se trata de deslizamientos tipo rotacional y de flujo, originados en condiciones de saturación.

La pendiente promedio de los taludes es tendida del orden de los 15° a 18° en la parte baja y 24° en la parte alta.

La zona afectada, entre los dos tramos, tiene una longitud aproximada de 260.0 mts. habiendo causado la destrucción y colapso de la carretera con desplazamiento de la misma, ocurriendo la interrupción de la carretera continuamente especialmente ante la presencia de lluvias.

Prog. 266+120 - 266+440.

Está conformado por material coluvial arcillosos con inclusiones de grava y de bloques calcáreos de hasta 30 cm. de diámetro, provenientes de la alteración por intemperismo de las rocas de la Formación Celendín.

Se trata de un deslizamiento tipo rotacional, que ha sido activado como consecuencia del aumento del caudal del río Utcubamba el cual ha provocado la erosión del pie del talud inferior dejando sin soporte a la masa superior que ha colapsado, produciendo a su vez destrucción de un buen tramo de carretera.

De igual manera este tramo presenta pequeños sectores cuyos taludes son rocosos (Prog. 265+600 – 265+980 y Prog. 269+900 – 270+00) conformado por calizas de la Formación Quilquiñán, en estratos medios a gruesos, con dirección N 50° E y buzamiento de 20° NW; en términos generales estos sectores son estables.

4.3.2 TRAMO II.- Km. 270+000 - Km. 273+00

De acuerdo al grado de condiciones ingeniero – geológicas, a este tramo se puede considerar como REGULAR.

En este sector el río Utcubamba presenta un valle bien desarrollado y amplio. En parte la carretera se desarrolla en una ladera rocosa con pendiente fuertes hasta escarpadas, del orden de los 50° a 70° y de 20 a 30 mts. de altura y en parte en depositos coluviales y deluviales.

Los tramos rocosos están conformados por rocas del Grupo Pullicana, que consisten en calizas nodulares, con límites ondulados que ocurren característicamente en estratos gruesos, generalmente mayores de 50 cm. con dirección N50°E y buzamiento de 10° NO. Es una unidad que se caracteriza por

formar farallones escarpados y pronunciados muy resistentes a la erosión, donde destacan las calizas macizas.

Los depósitos coluviales y deluviales están constituidos por material gravo-arcillosos con algunas capas localizadas de arcilla de alta plasticidad. Estos suelos presentan las siguientes propiedades físico-mecánicas:

▶ Índice de Plasticidad	:	19.37	
▶ Corte Directo			
ϕ	:	33.20°	
c	:	0.70	kg/cm ²
▶ Compresión Triaxial			
Fuera de la zona de falla			
ϕ	:	17°	
c	:	0.82	kg/cm ²
En la zona de falla			
ϕ	:	6.20°	
c	:	0.85	kg/cm ²
▶ Densidad Natural Seca	:	1.72	kg/cm ²
▶ Humedad Natural	:	7.79 %	
▶ Compresión No Confinada	:	1.62 – 3.65	kg/cm ²
▶ Expansión Libre	:	7.4 %	
▶ Presión de Expansión	:	1.36	kg/cm ²

En términos generales este sector se puede considerar estable, salvo en algunos lugares puntuales que se presentan desprendimientos de bloques rocosos especialmente del talud superior.

4.3.3 TRAMO III.- Km. 273+000 - Km. 275+000

Se puede considerar un tramo con condiciones ingeniero-geológicas DIFICILES.

En forma general este tramo se caracteriza por sus laderas suaves y tendidas.

Litológicamente está conformado por depósitos coluviales clasificados como gravas, arenas y arcillas de baja plasticidad (GC, SM, SL)

Las características que presentan estos suelos se pueden resumir de la siguiente manera:

▶ I_p	=	19.0	%
▶ Densidad Natural Seca	=	1.70	gr/cm ³
▶ Humedad Natural	=	7.79	%
▶ ϕ	=	20° - 27°	
▶ c	=	0.48 - 0.60	kg/cm ²

De igual forma en algunos sectores de este tramo (Prog. 274+300 – 274+570), existen taludes formados por afloramientos rocosos mayormente de caliza de la Formación Pulluicana, de capas delgadas y dirección N25°E y buzamiento de 25° SE.

4.3.4 TRAMO IV.- Km. 275+000 - Km. 276+000

Se caracteriza por la presencia de depósitos coluviales y deluviales derivados de la descomposición de las rocas (limolitas, lutitas y margas) de la Formación Celendín, lo que ha determinado su alto contenido de la fracción limo – arcillosa (35 % promedio)

Las características principales de estos suelos son las siguientes:

▶ LI	=	44%	
▶ I_p	=	25.74%	
▶ Densidad Natural Seca	=	1.80 - 1.86	gr/cm ³
▶ Humedad Natural	=	6.57	%
▶ Contenido de Humedad	=	15 - 17	%
▶ ϕ	=	20° - 24°	
▶ c	=	0.25 - 0.30	Kg/cm ²
▶ Expansión Libre	=	7.4	%
▶ Presión de Expansión	=	0.6	kg/cm ²

4.3.5 TRAMO V.- Km. 276+000 - 289+000

Se puede afirmar que en forma general todo este tramo, presenta condiciones REGULARES desde el punto de vista geotécnico.

En esta parte el río presenta un valle ancho y desarrollado con baja pendiente, la carretera atraviesa una ladera de pendiente entre, conformada por depósitos aluviales con estribo empinados de roca.

Las rocas se presentan fracturadas y alteradas, por lo que es común encontrar zonas localizadas afectadas por desprendimientos de bloques cuyo tamaño es controlado por tres principales sistemas de fracturas.

Se caracteriza por desarrollar una ladera de fuerte pendiente a escarpada conformada por roca y depósitos coluviales.

Los taludes rocosos están conformados por granito grueso de coloración rosado, muy fracturado y alterado (Prog. 278+800 – 274+570 , Prog. 280+660 – 280+776 y Prog. 280+780 – 281+000). Calizas de la Formación Chambará (Prog. 280+060 – 280+340, Prog. 283+500 – 283+940 y Prog. 285+500 – 285+650) que se presentan en estratos delgados a medios con dirección N20°O y buzamiento 55° NE, moderadamente fracturada; y conglomerados gruesos, masivos del Grupo Mítu, muy resistente (Prog. 288+330 – 288+500, Prog. 288+850 – 289+000). .

Los suelos en este tramo en su mayoría se clasifican como gravas arcillosas (GC) y gravas limosas, con contenido de gravas 51 %, arena 30 % y fracción limo-arcillosa 19 % (promedio), de igual manera estos suelos presentan las siguientes propiedades:

- Densidad Natural Seca = 1.76gr/cm³
- Humedad Natural = 1 – 5 %
- Compresión No Confinada = 0.89kg/cm²

- ▶ ϕ = 17.10°
- ▶ c = 0.15
- ▶ Expansión Libre = 0.7 – 5 %
- ▶ Presión de Expansión = 0.14 – 0.7 kg/cm²

Por otra parte, teniendo en cuenta los tipos de suelos identificados, y los resultados de ensayos de resistencia obtenidos con suelos similares en otros proyectos, se considera que estos suelos tienen los siguientes parámetros físicos y de resistencia.

- Densidad Natural (γ_n) = 1.8 Tn/m³
- Cohesión (Resistencia Drenada) c' = 2 Tn/m³
- Angulo Fricción (Resistencia Drenada) ϕ' = 26°

Mientras que la capa de suelo en el nivel superior conformada por arcillas gravosas tiene los siguientes parámetros geotécnicos:

- Densidad Natural (γ_n) = 1.8 Tn/m³
- Cohesión (Resistencia Drenada) C' = 2 Tn/m³
- Angulo Fricción (Resistencia Drenada) ϕ' = 26°

Los factores principales que ocasionan la falla de los taludes son:

- Presencia de suelos arcillosos saturados de baja resistencia durante los períodos de lluvias.
- Taludes de fuerte pendiente de los suelos arcillosos saturados

Este tramo se encuentra afectado por dos grandes deslizamientos:

- ▶ Deslizamiento Prog.: 275+460 – 275+740.- Conformado por material coluvial arcillo-limoso, la longitud total afectada es de 300 m., la pendiente de es de, la altura aproximada es de 60 m.

El deslizamiento a causado la destrucción total de la plataforma de la carretera provocando hundimientos en los sectores adyacentes.

Para el análisis respectivo se han efectuado dos perforaciones diamantinas (P-18 y P-19), calicatas con muestreo inalterado, SEV, etc., cuyos resultados se pueden apreciar en los anexos respectivos.

- ▶ Deslizamiento Prog.: 276+000 – 276+160.- Se trata de un deslizamiento rotacional de materia coluvial arcillo – limoso con inclusiones de grava y fragmentos rocosos mayormente angulosos y de naturaleza calcárea.

El talud promedio es de 15° y la zona afectada tiene una longitud total de 160 mts., la altura de talud es de 50 mts.

Este fenómeno ha causado el asentamiento y desplazamiento de la carretera, con destrucción del pavimento en todo el sector.

Para el análisis e interpretación ingeniero-geológico respectivo se han efectuado dos perforaciones diamantinas (P-16 y P-17), calicatas, SEV cuyos resultados se pueden apreciar en los anexos respectivos.

En la progresiva 288+900 se encuentra ubicada la Quebrada El Tingo, de 50 mts de ancho, que sigue el lineamiento de una falla regional, donde se ha producido un embalse que ha desencadenado un huayco de grandes proporciones que ha hecho colapsar al puente existente.

4.3.6 TRAMO VII.- Km. 289+000 - 291+000

Es un tramo que presenta características geotécnicas catalogadas como MUY DIFICIL.

Es una ladera con pendientes promedio de 50° y 25 m de altura considerada como empinada.

Litológicamente está compuesta por materiales sueltos coluviales arenolimoso, con inclusiones de bloques rocosos grandes y gravas subangulosas.

Se presentan numerosos tramos con inestabilidad en los taludes tanto de corte como inferior. De igual modo se presentan tramos con problemas de erosión fluvial.

Los suelos se clasifican como gravas arcillosas (GC) con contenido de fracción limo-arcillosa de 30 – 35 %. Presentan las siguientes características físico mecánicas:

▶ I_p	=	12 %
▶ Densidad Natural Seca	=	1.94gr/cm ³
▶ Corte Directo:		
ϕ	=	47°
c	=	0.75kg/cm ²
Compresión Triaxial		
ϕ	=	26.10°
c	=	0.15 – 2.06 kg/cm ²

4.3.7 TRAMO VIII.- Km. 291+000 - 294+000

Se puede considerar como un tramo con características DIFICILES desde el punto de vista geotécnico. Este tramo presenta zonas localizadas y puntuales con problemas de erosión fluvial y localmente zonas con derrumbes de material suelto.

Geomorfológicamente se trata de una laderas rocosas altas con fuertes pendientes hasta escarpadas.

Los taludes rocosos (Prog. 292+100 – 292+170, Prog. 292+900 – 293+220, Prog. 293+350 – 293+430 y Prog. 293+730 – 293+780) están conformados por rocas del Grupo Mitu, que comprenden areniscas de grano gruesas a finas, en estratos gruesos y delgados con dirección promedio N15°O y buzamiento 10° NE, es decir hacia la dirección del río.

Los de material suelto comprenden depósitos coluviales gravosos (GC y GM) con bajo contenido de fracción limo-arcillosa (10 – 20 %) y presentan las siguientes propiedades:

▶ Densidad Natural Seca	=	1.86	kg/cm ³
▶ Humedad Natural	=	2.08	%
▶ Corte Directo	:		
ϕ	=	35°	
c	=	0	

4.3.8 TRAMO IX.- Km. 294+000 - 296+000

En forma general todo el tramo se presenta con características geotecnicas MUY DIFÍCILES.

Se desarrolla como una ladera con inclinaciones del orden de los 70°, conformado en parte por roca y en parte por depósitos coluviales.

Los taludes rocosos (Prog. 294+000 – 194+180, Prog. 294+250 – 294+380 y Prog. 295+760 – 295+790), están conformados por areniscas de color rojo morado, en capas delgadas a medianas, con dirección predominante N20°O y buzamiento 15° NE, se presentan poco fracturadas y poco alteradas.

Los taludes de material suelto están constituidos por depósitos coluviales, gravo arcillosos (GC y GM) con inclusiones de bloques rocosos y gravas angulosas. Los materiales se presentan húmedos y poco consolidados, y presentan las siguientes propiedades:

▸ Índice de Plasticidad	=	13.36	%
▸ Densidad Natural Seca	=	1.00	kg/cm ³
▸ Humedad Natural	=	2.18	%
▸ Expansión Libre	=	3.20	%
▸ Presión de Expansión	=	0.41	Kg/cm ²
▸ Ensayo Triaxial	:		
ϕ	=	30.70°	
c	=	2.18	Kg7cm ²

En este sector se desarrollan grandes deslizamientos antiguos reactivados (Prog. 294+630 – 295+850), que han provocado el colapso de la carretera, dentro de los cuales podemos indicar los siguientes

Deslizamiento 294+630 - 295+850

Se presenta en una zona de grandes deslizamientos antiguos y recientes, que tienen su inicio sobre el nivel 1,240 msnm; los deslizamientos forman un gran circo cóncavo conformado por material coluvial con bloques heterométricos de arenisca color morado.

El plano de falla se ubica en el contacto del depósito coluvial y las areniscas del Grupo Mitu, que tiene una inclinación hacia el río con ángulo de buzamiento del orden de 25°, lo que determina condiciones favorables para el desarrollo del deslizamiento.

Dentro de este gran deslizamiento antiguo se han formado nuevos deslizamientos activos, que se ubican de la siguiente manera:

- Deslizamiento Prog. 294+630 – 294+980

Presenta depósitos coluviales gravosos – limo-arcillosos de baja plasticidad. La grava es de forma angulosa y presenta un comportamiento friccionante

La geometría del talud bordea los 35.0 m de altura con una pendiente de 50° - 60°

El plano de falla se ubica en el contacto entre el deposito coluvial y las areniscas del grupo Mitu, cuya dirección de buzamiento está en dirección del río.

- Deslizamiento Prog. 294+980 – 295+485

Entre la Prog. 295+090 - 295+220 se presenta un deslizamiento activo tipo flujo, formado por saturación de los suelos y ha ocasionado daño a la carretera.

- Deslizamiento Prog: 295+485 – 295+850

Se trata de un deslizamiento antiguo semiestabilizado con altura promedio del orden de los 30 – 35 m y con pendientes de 50° – 60°

4.3.11 TRAMO XI.- Km. 296+000 - 299+000

Este tramo presenta buenas características desde el punto de vista geotécnico salvo en zonas muy puntuales presenta desprendimientos y pequeños derrumbes de material coluvial.

Está conformado en parte por taludes rocosos (23.50 %) y en parte por depósitos coluviales. Los taludes rocosos y sus características se presentan en el cuadro siguiente:

CUADRO Nº 4-8

CARACTERÍSTICAS DE LOS TALUDES ROCOSOS

TRAMO	UNIDAD LITOLÓGICA
296+245 – 296+420	Areniscas y conglomerados gruesos del Gr. Mitu, masivos y compactos.
296+460 – 296+530	
296+920 – 297+020	Calizas de la Fr. Chambará, en capas medianas con dirección N55°O y Buz. 40° SO. El buzamiento es contra la pendiente
297+100 – 297+150	
297+160 – 297+220	
297+270 – 297+330	Calizas de la Fr. Aramachay y Condorsinga, respectivamente, grises, en estratos medios a delgados algo flexuradas, con dirección N20°E y Buz. 80° SE, contra la pendiente. con moderado fracturamiento.
297+350 – 297+380	
298+090 – 298+150	Brechas calcáreas de la Fr. Corontachaca de color gris, en estratos gruesos, compactos y masivo, con dirección N50°O y Buz. 30° SO.
298+900 – 299+000	

Los taludes de material suelto están conformados por depósitos coluviales mayormente gravo arcillosos (GC), con bajo contenido de la fracción limo-arcilloso (13 – 30 %), mayormente consistente y presentan las siguientes propiedades físico-mecánicas:

- ▶ I_p = 13 %
- ▶ Densidad Natural Seca = 1.74 gr/cm³
- ▶ Para suelo Saturados = 18 %
- ▶ Compresión No Confinada = 1.74 Kg/cm²
- ▶ Corte Directo
 - ▶ ϕ = 34.50°
 - ▶ c = 0.1 Kg/cm²
- ▶ Expansión Libre = 0.7 – 5.0 %
- ▶ Presión de Expansión = 0.14 – 0.7 Kg/cm²
- ▶ Compresión Triaxial:
 - ▶ ϕ = 30.70°
 - ▶ c = 2.15Kg/cm²

4.4 PARAMETROS GEOTECNICOS

Las características geotécnicas de los diferentes tipo de suelos, se han evaluado para los diferentes tramos de la zonificación geológica – geotécnica (Tramos) y diferentes tipo de suelos, propiedades físico-mecánicas de suelos (ver Cuadro N°: 4-7). Los principales parámetros geotécnicos considerados son:

γ	=	Densidad del suelo	Tm/m ³
ϕ	=	Angulo de Fricción Interna	(Grados)
c	=	Cohesión	(Tm/m ²)

Dicha evaluación tiene por objeto proporcionar los parámetros necesarios y característicos para el cálculo de los diseños de las diferentes obras de ingeniería y para el cálculo de análisis de la estabilidad de taludes:

En el siguiente cuadro se presentan los parámetros geotécnicos de los tramos mencionados:

CUADRO N° 4-9

PARÁMETROS GEOTECNICOS

TRAMO	TIPO DE SUELO	FORMACIÓN GEOLOGICA	PARÁMETROS GEOTECNICOS			
			I_p (%)	f (°)	c (Kg / cm ²)	g (Tm/m ³)
259+000 – 270+000	Arcilla	Fr. Celendín	26.32	4.90°	0.50	1.60
270+000 – 273+000	Arcilla	Fr. Quilquiñan y Fr. Chúlec.	19.37	6.20°	0.85	1.72
273+000 – 275+000	Arcilla gravosa	Fr. Quilquiñan y Fr. Chúlec.	19.0	20°	0.50	1.70
275+000 – 276+000	Arcilla gravosa	Fr. Quilquiñan	25.74	20° - 24°	0.25 – 0.30	1.80
276+000 – 289+000	Grava arcillosa	Fr. Quilquiñan y Fr. Chambará y Gr. Mitu.		17.10°	0.15	1.76
289+000 – 291+000	Grava arcillosa	Grupo Mitu	12	26.10°	0.15 – 2.06	1.94
291+000 – 294+000	Grava arcillosa	Grupo Mitu		35°	0	1.86
294+000 – 296+000	Grava arcillosa	Grupo Mitu	16.36	30.70°	2.18	1.00
296+000 – 299+000	Grava arcillosa	Grupo Mitu	13	30.70°	2.15	1.74