

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS Fundada en 1551

FACULTAD DE FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y

GEOGRÁFICA

UNIDAD DE POST GRADO

Investigación geológica - geotécnica de casos especiales en la carretera corral quemado – Pedro Ruiz Dpto. Amazonas - Perú.

TESIS para obtener el Grado Académico de: MAGISTER EN GEOLOGÍA CON MENCIÓN EN
GEOTECNIA

AUTOR:

JOSÉ DOMÍNGUEZ DÁVILA

LIMA-PERÚ 2004

INDICE

RESÚMEN	1
ABSTRACT	1
1.0 INTRODUCCIÓN	2
2.0 ASPECTOS ACADÉMICOS	2
2.1 FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA A RESOLVER.....	2
2.2 HIPÓTESIS DE TRABAJO Y METODOLOGÍA	2
2.3 CONCLUSIONES Y APORTES.	3
3.0 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	3
4.0 ASPECTOS GEOGRÁFICOS DEL ÁREA	4
4.1 UBICACIÓN	4
4.2 ACCESIBILIDAD	4
4.3 GEOGRAFÍA	4
4.3.1 VALLES.....	5
4.3.2 RELIEVES.....	5
4.4 HIDROGRAFIA	7
4.4.1 RÍOS.....	7
4.4.2 LAGUNAS.....	8
4.5 CLIMA Y VEGETACIÓN.....	8
5.0 GEOMORFOLOGÍA.....	11
5.1 VALLES	11
5.1.1 VALLE CAÑÓN.....	11
5.2 CORDILLERA ORIENTAL	12
5.2.1 CORDILLERA ORIENTAL	12
5.3 FAJA SUBANDINA.....	14
5.3.1 CADENA LONGITUDINAL SUBANDINA	14
5.3.2 FLANCO DISECTADO ASIMÉTRICO.....	14
5.3.3 LADERA SUBANDINA.....	14
5.3.4 MESETAS ESTRUCTURALES	15
5.3.5 MONTE ISLA.....	15
6.0 GEOLOGÍA REGIONAL	16
6.1 ESTRATIGRAFÍA	16
6.1.1 PROTEROZOICO.....	16
6.1.1.1 Complejo del Maraón.....	16
6.1.2 PALEOZOICO.....	18
6.1.2.1 GRUPO MITU	18
6.1.3 MESOZOICO.....	19
6.1.3.1 TRIÁSICO – JURÁSICO	19
6.1.3.1.1 GRUPO PUCARÁ.....	19
6.1.3.1.2 FORMACIÓN CORONTACHACA	22
6.1.3.1.3 FORMACIÓN SARAYAQUILLO	22
6.1.3.2 CRETACEO INFERIOR - MEDIO	23
6.1.3.2.1 GRUPO GOYLLARISQUIZGA	23
6.1.3.2.2 GRUPO ORIENTE.....	25
6.1.3.2.3 FORMACIÓN CHÚLEC	26
6.1.3.2.4 FORMACION PARIATAMBO	26
6.1.3.2.5 FORMACIÓN CHONTA	27
6.1.3.2.6 GRUPO PULLUCANA.....	27
6.1.3.2.7 GRUPO QUILQUIÑÁN.....	28
6.1.3.2.8 FORMACIÓN CAJAMARCA.....	29
6.1.3.2.9 FORMACIÓN CELENDÍN.....	29
6.1.3.2.10 FORMACIÓN VIVIAN	30

6.1.3.3	CRETÁCEO SUPERIOR – PALEÓGENO.....	30
6.1.3.3.1	FORMACIÓN CHOTA.....	30
6.1.3.3.2	FORMACION CAJARURO.....	32
6.1.3.3.3	FORMACIÓN EL MILAGRO.....	32
6.1.4	CUATERNARIO.....	32
6.1.4.1	DEPÓSITOS CUATERNARIOS.....	32
7.0	GEODINÁMICA.....	34
7.1	GEODINAMICA INTERNA.....	34
7.2	GEODINAMICA EXTERNA.....	34
7.2.1	BLOQUES CAÍDOS.....	35
7.2.2	CHORRERAS.....	35
7.2.3	FISURAS.....	35
7.2.4	DESPRENDIMIENTOS DE ROCAS.....	36
7.2.5	DERRUMBES.....	37
7.2.6	DESLIZAMIENTOS.....	38
7.2.7	HUAYCOS O FLUJOS.....	41
7.2.8	INUNDACIONES.....	42
7.2.9	EROSIÓN DE RIBERAS.....	42
7.2.10	ASENTAMIENTO SUPERFICIAL.....	42
7.2.11	EROSIÓN SUPERFICIAL.....	43
8.0	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	44
8.1	GENERALIDADES.....	44
8.2	ESTRUCTURAS.....	45
8.2.1	LINEAMIENTOS.....	45
8.2.2	DISCORDANCIAS.....	46
8.2.3	SOBREESCURRIMIENTO.....	47
8.2.4	FALLAS.....	47
8.2.5	PLIEGUES.....	48
8.2.6	FRACTURAS.....	49
9.0	HIDROGEOLOGÍA.....	50
9.1	GENERALIDADES.....	50
9.2	PRECIPITACIONES.....	50
9.3	CAUDALES.....	52
9.4	HIDRÁULICA FLUVIAL.....	53
9.4.1	ESTIMACIÓN DE TIRANTES MÁXIMOS.....	53
9.4.2	ESTIMACIÓN DE SOCAVACIÓN POTENCIAL.....	54
9.5	TIPOS DE FALLAS.....	57
10.0	GEOTÉCNIA.....	60
10.1	INVESTIGACIONES GEOTECNICAS DE CAMPO.....	60
10.1.1	SONDAJES DIAMANTINOS.....	60
10.1.2	CALICATAS.....	61
10.1.3	TRINCHERAS.....	61
10.2	INVESTIGACIONES DE LABORATORIO.....	65
10.2.1	SUELOS.....	65
10.2.2	ROCAS.....	65
10.3	INVESTIGACIONES GEOFÍSICAS.....	66
10.3.1	PARTICULARIDADES DE LA ZONA Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	66
10.3.2	MÉTODO DE PROSPECCIÓN.....	67
10.3.3	INSTRUMENTAL Y EQUIPOS EMPLEADOS.....	67
10.3.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	67
	CONCLUSIONES GEOFÍSICAS.....	71
10.4	RIESGO SÍSMICO DEL ÁREA DEL PROYECTO.....	72
10.4.1	GENERALIDADES.....	72
10.4.2	SISMISIDAD HISTÓRICA DEL ÁREA DE INFLUENCIA.....	72
10.4.3	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS SISMOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	73
10.4.4	TECTÓNICA Y SISMOTECTÓNICA.....	73

10.4.5 SISMO BÁSICO DE DISEÑO	74
10.4.6 FUNDAMENTOS DEL ANÁLISIS DEL PELIGRO SÍSMICO.	75
10.4.7 EVALUACIÓN DE FUENTES SISMOGÉNICAS.	75
10.4.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE RECURRENCIA.....	76
10.4.9 EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO.....	77
10.5 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA.....	78
10.5.1 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS	86
10.6 CONDICIONES GEOTÉCNICAS DE LOS TALUDES EN EL TRAMO I.....	87
10.6.1.-CONDICIONES GEOTECNICAS GENERALES SECTOR NARANJITOS	87
10.6.2.-DEFINICIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE LA MASA DE SUELO Y ROCA	89
10.6.3 MODELOS GEOTÉCNICOS DE LOS DESLIZAMIENTOS	89
10.6.4 MODELO GEOTÉCNICO DEL DESLIZAMIENTO S – I.....	89
10.7 CONDICIONES GEOTÉCNICAS DE LOS TALUDES EN EL TRAMO V.....	90
10.7.1 CONDICIONES GEOTÉCNICAS GENERALES SECTOR ASERRADERO.....	90
10.7.2 DEFINICIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE LA MASA DE SUELO Y ROCA.....	91
10.7.3 MODELOS GEOTÉCNICOS DE LOS DESLIZAMIENTOS	92
10.7.4 Modelo geotécnico del deslizamiento S – II.....	92
10.7.5 Modelo geotécnico del deslizamiento S III.....	92
10.8 CONDICIONES GEOTÉCNICAS DE LOS TALUDES EN EL TRAMO VII.....	92
10.8.1 CONDICIONES GEOTECNICAS GENERALES: SECTOR ÑUL.....	92
10.8.2 DEFINICIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE LA MASA DE SUELO Y ROCA.....	93
10.8.3 MODELOS GEOTÉCNICOS DE LOS DESLIZAMIENTOS	94
11.0 CONCLUSIONES	96
12.0 CRITERIOS Y CONSIDERACIONES EN EL FUTURO.....	99
13.0 OBRAS CORRECTIVAS A LOS PROBLEMAS GEOTÉCNICOS Y GEODINÁMICOS.....	101
CONDICIONES GEOTÉCNICAS DE LOS TALUDES Y MODELO GEOTÉCNICOS DE LOS DESLIZAMIENTOS.....	101
ESTRUCTURAS DE CONTENCION.....	102
14.0 BIBLIOGRAFIA.....	106

RESÚMEN

En la presente tesis, se han investigado una serie de problemas geodinámicos y geotécnicos que se presentan en la Carretera Corral Quemado – Pedro Ruiz, donde en algunos sectores críticos se han logrado determinar modelos tipos, los cuales han sido estudiados al detalle y se les determinan alternativas de solución, que podrían ser extrapoladas a otras áreas del país con características geológicas y atmosféricas similares.

ABSTRACT

In this thesis, the investigations was carried to solve geodynamics and geotechnical problems in the Corral Quemado – Pedro Ruiz highway. There are critical sectors, where we can determinated “typical models”, that have been studyed and solved their main problems. These typical models can be considered in another Peruvian areas with similar geological and atmospheric characteristics.

**"INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE CASOS ESPECIALES EN LA CARRETERA CORRAL QUEMADO – PEDRO RUIZ"
DPTO. AMAZONAS - PERÚ.**

1.0 INTRODUCCIÓN

Dentro de la red vial del territorio peruano, la carretera de penetración Olmos – Corral Quemado – Rioja es de vital importancia para el desarrollo socio - económico del Nor Oriente del país. El área investigada Corral Quemado – Pedro Ruiz corresponde al primer tramo de 90 Km. de la Carretera Corral Quemado - Río Nieva.

En las últimas décadas se ha manifestado el Fenómeno del Niño, el cual es originado por la elevación gradual de la temperatura en las aguas del Pacífico Sur y su migración gradual hacia las costas de Perú-Ecuador, generándose así fuertes variaciones climáticas en la región, que se manifiestan con precipitaciones pluviales torrenciales en la zona comprendida entre el Norte del Perú y el Sur de Ecuador.

Debido a estas torrenciales lluvias se generan fenómenos de geodinámica externa como deslizamientos y derrumbes, que causan la interrupción de manera violenta e inusual del tránsito normal de vehículos por la red vial del Nor Oriente del país.

2.0 ASPECTOS ACADÉMICOS

2.1 FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA A RESOLVER

La ocurrencia de lluvias torrenciales, sean estas originadas por la temporada de invierno o como consecuencia del denominado Fenómeno del Niño, se originan una serie de procesos geodinámicos, los que producen la modificación del relieve geomorfológico y el deterioro de las carreteras, sin embargo se hace indispensable evaluar prioritariamente el tramo Corral Quemado – Pedro Ruiz con investigaciones geodinámico-geotécnicas para recomendar la aplicación de medidas preventivas y/o correctivas en el terreno, a fin de prevenir y/o minimizar estos efectos negativos.

2.2 HIPÓTESIS DE TRABAJO Y METODOLOGÍA

La Carretera Corral Quemado – Pedro Ruiz fue construida en la década del 60 por los batallones de Ingeniería Militar del Ejército y la Dirección de Caminos del ex-Ministerio de Fomento y Obras Públicas. Posteriormente fue ampliada y mejorada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, y en el año 1995 se le colocó la carpeta asfáltica en su totalidad; sin embargo a pesar de haberse mejorado su trazado geométrico y construido las obras de arte respectivas, continúan presentándose una serie de interrupciones de la vía, debido a que las soluciones adoptadas, no han considerado en su real magnitud los fenómenos geológico-geotécnicos.

El deterioro de la carretera Corral Quemado – Pedro Ruiz es originado por los problemas geodinámicos que producen:

- Colapsos de los taludes rocosos
- Reptación de suelos
- Deslizamientos y derrumbes
- Colapso de la plataforma y obras de arte
- Erosión de riberas

Todo los cuales ocasionan la interrupción del tráfico normal, con el consecuente deterioro económico para la región y el país.

La carretera Corral Quemado – Pedro Ruiz podría tener un tráfico continuo y sin interrupciones, aún en presencia del Fenómeno del Niño, mediante las propuestas que se deriven de la presente investigación, y que podrán ser extrapoladas en áreas geológicamente similares.

2.3 CONCLUSIONES Y APORTES.

Las lluvias torrenciales no pueden ser evitadas ni controladas, sin embargo sus efectos nocivos han sido analizados en los denominados CASOS CRITICOS con la finalidad de minimizarlos, estas investigaciones han permitido definir “modelos” que permitan recomendar medidas correctivas de prevención y/o adecuación en sectores con características similares dentro del territorio nacional.

En base a los estudios geodinámicos in situ y a las pruebas geognósticas respectivas, se han dado una serie de recomendaciones, las cuales varían desde efectuar simples mejoras en el drenaje hasta construir variantes por otro sector a fin de garantizar la estabilidad de la superficie de rodadura, debido a que las condiciones geológicas encontradas no se presentaban favorables.

El comportamiento sísmológico del área estudiada:

PERIODOS DE RETORNO	ACELERACIONES
(Años)	(%g)
30	0.15
50	0.18
100	0.22
200	0.28
400	0.34
500	0.36
1000	0.43

3.0 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El principal objetivo del estudio radica en investigar los sectores críticos a fin de determinar soluciones reales que garanticen un tráfico normal en la carretera aun en condiciones extremas de precipitaciones pluviales que produzcan fenómenos geodinámicos.

4.0 ASPECTOS GEOGRÁFICOS DEL ÁREA

4.1 UBICACIÓN

El área de estudio se ubica al ESE de Bagua grande, desde Puerto Naranjitos (Km. 259 + 00) Puente Corontachaca (Km. 299 + 000) con una longitud total de 40 Km..

Está definido por las siguientes coordenadas:

N 9 356 000	E 802 000	Puerto Naranjitos
N 9 345 000	E 831 000	Puente Corontachaca

Geográficamente se ubica en la Provincias de Bagua Y Bongará del Departamento de Amazonas al NE del Perú (Plano 01)

4.2 ACCESIBILIDAD

La red vial que enlaza esta zona se encuentra representada por dos carreteras principales:

La Carretera Panamericana

Con revestimiento asfáltico. En el Km.. 750 de esta carretera se encuentra la ciudad de Chiclayo. En el Km. 869 de la misma, parte hacia el este la carretera de penetración Olmos – Corral Quemado.

La Carretera Olmos – Corral Quemado – Bagua – Puerto Naranjitos – Pedro Ruiz

Con revestimiento asfáltico enlaza la Vertiente del Pacífico con el Valle del Río Huancabamba, Valle del Río Utcubamba. En el Km. 50 de esta carretera se cruza el paso denominado Abra de Porculla a una altitud de 2,144 m.s.n.m.

En el Km. 96, en la Cuenca del Río Huancabamba, y en la margen derecha del mismo, se ubica el Portal de Entrada del Túnel de Acceso del Proyecto Hidroenergético Olmos.

En el recorrido desde el Puerto Naranjitos Prog. 255 + 000 a Puente Corontachaca Prog. 299 + 000 destacan los siguientes centros poblados: Salao, La Caldera, Magunchal, Pueblo Nuevo, Cerradero, El Cerezo, La Tina, Tingo, Tres Marías, La Cascada y Pedro Ruiz

La mayor población se desarrolla en Puerto Naranjitos, Salao, Aserradero y Pedro Ruiz

4.3 GEOGRAFÍA

El área de estudio está ubicada en la parte septentrional de la Cordillera de los Andes, comprendiendo la franja sub-andina que tiene elevaciones y valles de orientación típicamente andina.

Los elementos geográficos principales que se distinguen en el área investigada son: Zona Inter-andina, Cordillera Oriental, Valles, Faja Subandina (Mapa. N° 2).

Zona Inter-andina: Corresponde a las partes más orientales de la Región Interandina, al Este de la Cordillera Occidental, donde se distingue la Superficie Puna.

Cordillera Oriental: Se extiende a lo largo de, Leimebamba, Lonya Grande, Chachapoyas y termina como unidad continua en el extremo norte de la hoja de Lonya Grande, dando paso a la depresión de Bagua - Jaén. En las nacientes del Río Utcubamba, la Cordillera Oriental se divide en dos (2) ramales: el más oriental, se le conoce como Cordillera Lajasbamba - Yasgolga, termina en las alturas de Levanto al Sur de Chachapoyas, el otro ramal, termina al Este de Lonya Grande; un remanente de cordillera se encuentra en las nacientes de los ríos Ventilla, Imaza y Salas; es conocida como Cordillera Piscohuanuna o Ventilla, y se extiende hacia el Norte hasta la altura de la Villa de Jumbilla. Caracterizan a la Cordillera Oriental, los valles glaciares, algunas lagunas y el ichu que cubre su superficie; las altitudes de la cordillera en esta parte varían aproximadamente entre 3,000 a 4,500 msnm.

En el área de Bagua Grande existe un remanente de Cordillera que se encuentra por sobre los 3,000 msnm. y se conoce como Cordillera del Tigre.

4.3.1 VALLES

Son los tramos intermedios ubicados entre las cordilleras o cadenas de elevaciones que delimitan "valles longitudinales" amplios y angostos, muchos de ellos en etapa cañón, como los valles de los ríos Marañón, Utcubamba, Imaza o Chiriaco, etc.. Además, existen valles transversales de recorrido más corto, que corresponden a afluentes de los anteriores; denominados así por su posición respecto a la orientación general, en relación al eje de la Cordillera de los Andes. Algunos valles, se han desarrollado en depresiones estructurales, tipo pliegues sinclinales. Todo el drenaje del área, corresponde a las partes altas de la cuenca hidrográfica del Río Amazonas.

Faja Subandina: También se le denomina Selva Alta ó "Ceja de Selva", su morfología corresponde al paisaje selva que se caracteriza por un relieve accidentado, con abundante vegetación. Comprende casi la totalidad de la hoja de Rioja y las partes septentrional y oriental de las hojas de Jumbilla y Bagua Grande. En la faja subandina, existen valles y cadenas de elevaciones longitudinales, así como algunas depresiones o valles amplios, como Bagua Grande, y Rioja-Soritor.

4.3.2 RELIEVES

El área estudiada, exhibe en su mayor parte un relieve variado y muy escabroso, la elevación mínima que es de 500 msnm, se encuentra en el Río Utcubamba al Norte de Bagua Grande, en tanto que la máxima altura la constituye el Nevado Pelado Chato con una cota de 4696

msnm. está formado mayormente por rocas paleozoicas y proterozoicas de naturaleza ígnea, metamórfica y sedimentaria.

Según la clasificación de J. Pulgar Vidal la mayor parte de la superficie estudiada, se encuentra entre las regiones Yunga Oriental (1,000 a 2,300 msnm.) y Quechua (2,300 a 3,500 msnm.); sin embargo, los sectores más elevados del área estudiada corresponden a las regiones Suni (3,500 a 4,100 msnm.) y Puna o Jalca (4,100 a 4,800 msnm.).

Los principales ríos, forman parcialmente valles encañonados y profundos, con flancos abruptos y de gran altura. En el caso del valle del Marañón, las diferencias de nivel entre el fondo y las divisorias adyacentes, varía entre 3,000 a 2,500 msnm. En el valle del Utcubamba las diferencias de nivel fluctúan entre 2,000 a 1,000 msnm; siempre son mayores hacia los tramos medios y superiores. En el caso del Río Chiriaco o Imaza, las mayores diferencias de nivel (500 a 1,500 msnm.) se observan en su recorrido, en el sector de Jumbilla.

Entre los ríos Marañón y Utcubamba, se halla la Cordillera Oriental, siguiendo una dirección NO-SE, con altitudes variables entre 3,000 y 4,696 m.s.n.m. Al Este del Río Utcubamba, se sitúa la Cordillera de Lajasbamba-Yasgolga, según una orientación N-S, definiendo la divisoria con las nacientes del Río Huayabamba. Esta cordillera termina al Sur de Chachapoyas, sus altitudes varían entre 3,000 y 3,700 msnm.; la conforman mayormente rocas sedimentarias Paleozoicas y Triásico-Jurásicas. En las hojas de Jumbilla y Rioja, se encuentra la Cordillera de Piscohuañuna, cuyas altitudes entre 3,000 y 3,500 msnm.; definen un macizo accidentado que constituye las divisorias y nacientes de los ríos Chiriaco, Sonche, Huambos, Tonchima y Mayo.

En general, el relieve de las altiplanicies es ondulado, con algunas prominencias aisladas y alargadas de rumbo andino; son disectadas por ríos que han formado valles profundos, de flancos escarpados, labrados en rocas cretáceas, cuya estructura define las altiplanicies.

Hacia el Este, en Rioja y la mitad Septentrional y Oriental de la hoja de Jumbilla, se presenta un relieve tipo Selva, con alturas entre los 1,000 a 2,400 msnm. en donde se observan cadenas o promontorios longitudinales degradados transversalmente, que muestran un relieve abrupto de difícil acceso; el cual contrasta con la depresión Rioja-Soritor, que tiene un fondo plano, con lomadas de transición hacia las cadenas montañosas, que la circundan.

El sector más bajo de la zona de estudio, se localiza en el valle de Bagua, con altitudes mínimas de 500 msnm. El fondo del valle es plano y amplio, con flancos asimétricos que han desarrollado lomadas hacia el Este y un plano inclinado en su flanco Occidental.



Foto 1.- Valles abiertos con pendiente suave con altitudes de hasta 700 msnm, relieve suave ondulado.

4.4 HIDROGRAFIA

La red hidrográfica que drena la superficie del área estudiada, forma parte de la cuenca hidrográfica del Amazonas. Está constituida por ríos y lagunas localizadas en la Cordillera y en las elevaciones que se comportan como divisoria de aguas (Mapa N° 3).

4.4.1 RÍOS

El drenaje principal está controlado por los colectores mayores que son el Río Marañón y sus afluentes más notables como los ríos Utcubamba, Chiriaco o Imaza, Nieva que tienen un recorrido de SE a NO; son alimentados por los deshielos y las continuas precipitaciones pluviales que ocurren en la Cordillera Oriental y sus prolongaciones hacia el norte.

Un afluente importante del Río Marañón, es el Río Utcubamba, que se desplaza de Sur a Norte desde sus nacientes en Leimebamba. Se ubica, en la parte central de la zona de estudio; forma cañones muy empinados y en tramos importantes, un valle con fondo plano; recorre las de Jumbilla y la parte central media de Bagua Grande.

Su caudal se incrementa notablemente a medida que se aleja de su punto de origen. Se estima un caudal promedio de 11 a 13 m³/seg. El lecho inundable en los tramos superior y medio del Río Utcubamba es de 50 a 100 metros; puede llegar a 200 metros como en el caso de Cállic y anastomosarse a 20 m. en la garganta de Corontachaca.

El otro colector importante es el Río Chiriaco o Imaza, que nace en la Cordillera de Piscobuana, recorre todo el cuadrángulo de Jumbilla siguiendo una dirección SE a NO. Su caudal es muy variable, especialmente al Norte de Jumbilla; su promedio es de 10 m³/seg. En la parte central tiene un lecho inundable no mayor de 100 metros de ancho mientras que en el tramo superior tiene cauce meandriforme entre las localidades de Granada y Goncha; aguas abajo se reduce su amplitud, tomando un curso aproximadamente lineal.

Los ríos del flanco Subandino generalmente tienen recorridos lineales, fuerte pendiente y caudales muy variables durante el año; al cruzar las cadenas subandinas forman gargantas y pasos muy accidentados

En la parte Nororiental de Jumbilla, el Río Mayo afluente del Huallaga, tiene un recorrido de NO a SE, mientras que el Río Nieva afluente del Marañón, se dirige de SE a NO. En general, las nacientes y los afluentes de los ríos principales del flanco subandino se dirigen de OSO a ENE, siguiendo las estructuras geológicas y cuando las cortan forman "pongos" y gargantas.

4.4.2 LAGUNAS

En la zona estudiada, existen lagunas de dimensiones y volúmenes variables, distribuidas mayormente en la Cordillera Oriental, generalmente se encuentran en los lechos de valles glaciares a altitudes entre los 3,200 a 3,800 msnm.

En la Cordillera de Piscohuañuna (Ventilla) existen varias lagunas que constituyen la naciente de los ríos Imaza, Salas, Ventilla a una altura aproximada de 3,200 msnm.; sus dimensiones varían de 300 m. a 1,000 m.

La Laguna de Pomacochas, que se ubica en una depresión cerrada, a una altura de 2,200 msnm. con dimensiones de 2,5 x 2 km., llega a constituir un atractivo turístico para el visitante ya que se encuentra al costado de la carretera marginal que se dirigen en este sector a la región San Martín así también en la hoja de Jumbilla se encuentra la Laguna Oneracocha en las nacientes del Río Mayo.

4.5 CLIMA Y VEGETACIÓN

Debido a la notable variación altitudinal y morfológica en el área estudiada, se dan una gran variedad de climas que van desde el cálido-húmedo al frío-templado (Mapa. N° 4). En el fondo del valle del Marañón, hasta los 1,000 msnm, existen temperaturas altas a lo largo de todo el año, durante el día y la noche, sin variaciones estacionales notables. Hacia el Oriente entre los 500 y 1,000 el clima es cálido húmedo, con una temperatura media anual superior a 22° y 17° C. Entre los 1,000 a 2,000 msnm., la temperatura anual media oscila entre 18° a 20° C, los días son calurosos y las noches templadas y frescas; pueden considerarse como clima templado cálido, que incrementan su temperatura progresivamente hacia el Este.

Las mayores temperaturas del área de estudio se registran en el sector de Bagua Grande, donde los valores promedio anual son de 23° a 25° C. Además, las precipitaciones pluviales son restringidas.

La precipitación promedio anual excede los 1,000 mm. en el flanco Subandino Oriental, ocasionando el desarrollo de una exuberante vegetación, caracterizada por una gran variedad de especies forestales, que cubren toda el área al Este de la Cordillera Oriental y su ramal la Cordillera Lajasbamba-Yasgolga; comprende, casi enteramente los cuadrángulos de Rioja, Jumbilla. La precipitación total anual es de 1,800 mm., la máxima mensual (Marzo) de 250 mm. y la mínima de 145 mm. Entre los 2,000 a 3,500 msnm. el clima es templado, con máximas temperaturas hasta de 29° C entre Octubre y Enero y las mínimas hasta de 7° C entre Mayo-Agosto, con gran variación entre el día y la noche.

Las precipitaciones pluviales son más intensas entre Diciembre-Abril, aunque durante el resto del año su frecuencia es muy variable; se originan por las masas de aire húmedo y la alta nubosidad proveniente de la región amazónica, también incide mucho el mayor volumen de evapotranspiración.

Las Cordilleras de Piscohuañuna, Yasgolga-Lajasbamba y la Cordillera Oriental, constituyen los obstáculos para el avance de las nubes provenientes del Este, ocasionando lluvias frecuentes en la vertiente Oriental y de menor intensidad en el flanco Occidental; estas precipitaciones favorecen el desarrollo de vegetación arbórea abundante por debajo de los 3,000 metros de altitud, siendo menos exhuberante en el flanco occidental. Las precipitaciones disminuyen ostensiblemente entre los meses de Mayo a Setiembre. En el caso de la zona de Bagua las precipitaciones son mayores entre Setiembre a Diciembre.

El mayor número de especies forestales se encuentra en el sector Oriental, siendo arbustiva en gran parte del valle del Utcubamba y en las partes más bajas del Marañón.

Entre los 3,000 y 3,500 m., la humedad y llovizna continuada favorecen la existencia de pastos naturales tipo gramíneas, sobre todo en las cordilleras, donde crecen asociadas con charcos y agua superficial a modo de películas, que en algunos casos, originan pantanos, sobre todo en las partes bajas de la zona de Puna.

El clima por sobre los 3,500 m. es templado a frío. La temperatura media anual fluctúa entre 7° a 10° C y las máximas son superiores a 20° C; las diferencias térmicas entre el día y la noche son notables. En esta parte ocurren las heladas durante los meses de invierno, pueden actuar vientos frecuentes asociados con tempestades eléctricas y lluvias persistentes; estas condiciones climáticas imperan en las partes altas de las cordilleras Oriental, Yasgolga y Piscohuañuna.

En resumen, se puede caracterizar el clima de la zona de estudio como una transición entre el clima de Sierra y aquel propio de la región Selva.

La Selva Alta presenta alta nubosidad y la mayor pluviosidad; ello se debe esencialmente, a que la Cordillera Oriental disminuye notablemente de altitud, coincidiendo con la presencia de la depresión Bagua-Jaén que se comporta como una puerta de entrada para los vientos cargados de nubes y humedad, provenientes del Levante, los que son detenidos por las elevaciones más destacables, originando precipitaciones y el desarrollo de bosques tipo Selva, entre los 800 y 3,000 msnm., en el flanco oriental. Sin embargo, la distribución de la pluviosidad está condicionada por el relieve y la dirección de los vientos, por lo cual su acción es irregular a través del tiempo y el lugar. La vegetación típica de la Selva Alta, está constituida por muchas especies de palmeras, árboles madereros, lianas y una gran variedad de arbustos, los que en conjunto forman una densa vegetación que cubren gran parte del área estudiada.

En la Cordillera y en la superficie Puna, la vegetación consiste mayormente de gramíneas e ichu, con escasos arbustos y árboles tipo alizar. Sin embargo, en las laderas y flancos de los valles se desarrollan árboles, arbustos y pastos en distribución irregular.

Los principales cultivos de las partes altas en los valles del Utcubamba, Chiriaco, Marañón y afluentes, son papa, maíz, arvejas, habas, cereales; mientras que, en las partes bajas se cultiva caña de azúcar, coca, cacao, frutales, cítricos, naranja, lima, chirimoya, cultivos similares,

son comunes en otras áreas del flanco Subandino, como es el caso de Rioja y Bagua donde, el cultivo del arroz, suele ser la mayor actividad agrícola.

5.0 GEOMORFOLOGÍA

De acuerdo con las unidades fisiográficas descritas líneas arriba, se pueden diferenciar las siguientes unidades geomorfológicas a escala regional, cuya extensión y ubicación puede visualizarse en la Mapa N° 5.

5.1 VALLES

En la región estudiada, existen valles en diverso estado de evolución, cuyas características del fondo y los flancos son condicionados por la litología y la estructura geológica. Los principales tipos de valles que se observan en la zona de estudio son:

5.1.1 VALLE CAÑÓN

Se caracterizan una intensa erosión vertical ocasionada por ríos caudalosos que atraviesan diversas formaciones geológicas, cuyo rango de edad va del Mesozoico al Cenozoico. Sus perfiles transversales son en "V" con desniveles que llegan hasta los 3,000 m.; en algunos casos, forman gargantas de paredes subverticales e inaccesibles, que hacia arriba presentan un cambio brusco de la pendiente, dando lugar a las laderas de valles que culminan en las cordilleras o cadenas longitudinales. Los principales valles encañonados son:

Valle del Marañón

Geográficamente importante, por ser el colector principal que se encuentra entre las Cordilleras Occidental y Oriental, en esta parte del territorio. Es el accidente geográfico de mayor espectacularidad que rige la evolución morfológica actual como el valle longitudinal más profundo, de esta región. El río ocupa casi totalmente su cauce, en gran parte de su recorrido, aún cuando en algunos tramos, tiene un fondo plano, generalmente asociado, con la desembocadura de afluentes,. Este valle longitudinal sigue la dirección SE a NO, a lo largo de una franja que ocupa la porción Suroccidental de las hojas de Jaén y Leimebamba.

El valle del Marañón es aproximadamente concordante con la estructura geológica regional, donde la erosión vertical ha dado lugar a desniveles considerables, con pendientes pronunciadas en las paredes del valle que dan lugar a zonas inestables, donde ocurren deslizamientos en material suelto, además de huaycos y asentamientos de material inconsolidado. Los perfiles longitudinales de los ríos tributarios, son cortos y tienen pendientes fuertes que culminan en conos aluviales en sus desembocaduras al Río Marañón.

Valle del Utcubamba

Las partes encañonadas se encuentran en los tramos medio y superior del Río Utcubamba, ubicados entre la Cordillera Oriental y la Cordillera de Yasgolga. Su recorrido es homogéneo, con un cauce ocupado mayormente por el río, a lo largo de más de 100 Km. desde Leimebamba hasta Bagua Grande.

La parte encañonada es asimétrica y corresponde a las paredes adyacentes al río; las que luego pasan a un amplio valle asimétrico, controlado por una estructura sinclinal fallada en rocas calcáreas del Triásico-Jurásico, cuyo flanco derecho, tiene una pendiente promedio de 20° a 25° hacia el Oeste; su flanco izquierdo tiene pendiente mayor.

Valle del Chiriaco ó Imaza

Es un valle que atravieza la ladera subandina. Posee paredes pronunciadas, que limitan el cauce que está casi totalmente ocupado por el río; su recorrido es longitudinal, paralelo a las estructuras andinas. Posee un perfil transversal variable, desarrollado mayormente en rocas cretáceas, el cual, se ensancha cuando las unidades de roca son incompetentes, este valle tiene un tramo superior cuya morfología, corresponde a un valle amplio, desarrollado sobre un pliegue sinclinal.



Foto 2. - zona agreste con valles encañonados, pendientes abruptas con altitudes que llegan a 2500 msnm.

5.2 CORDILLERA ORIENTAL

Es la unidad geomorfológica más elevada y notable cuyo basamento está constituido por rocas precámbricas y paleozoicas infrayace a una cobertura mesozoica esporádica. Se consideran en el ámbito de esta morfoestructura la Cordillera Oriental propiamente dicha, y la Cordillera de Piscohuañuna (Ventilla). El paso de la cordillera a los valles lo constituye la ladera cordillerana que es el tramo intermedio entre estas geoformas.

5.2.1 CORDILLERA ORIENTAL

Es una geoforma elevada comprendida entre los 3,000 y 4 ,700 msnm., se extiende como una franja continua de elevaciones, desde Bolívar (parte Oriental) hasta cerca del extremo septentrional medio de la hoja de Lonya Grande. Tiene una orientación NO-SE, con elevaciones que disminuyen de altitud hacia el Norte; donde tiende a bifurcarse, apareciendo, como remanentes aislados entre los ríos Utcubamba y Huaylla Grande. Presenta superficies heterogéneas que van desde cerros con crestas encorvadas hasta cumbres afiladas, siendo su característica una morfología agreste, por rocas mesozoicas.

El origen de esta cordillera, se relaciona a la formación de bloques premesozoicos levantados y hundidos, limitados por fallas que inicialmente fueron normales y que finalmente han actuado como fallas inversas durante el Neógeno.

La erosión es diferencial según las unidades litológicas, así en las rocas calcáreas se observa un relieve cárstico peculiar.

La Cordillera de Yasgolga

Constituye la naciente de ríos y riachuelos transversales a la estructura y que dan sus aguas a los ríos Utcubamba y Huallaga. Sus elevaciones se encuentran entre 3,000 a 4,500 msnm. disminuyendo paulatinamente hacia el Norte.

Cordillera de Piscohuañuna o Ventilla

Es una elevación aislada que constituye la naciente de los ríos Imaza o Chiriaco y Ventilla. Está localizada en el límite de los cuadrángulos de Chachapoyas, Jumbilla y Rioja, alcanza altitudes de 3,400 msnm.; presenta evidencias de actividad glaciaria en el pasado y aún existen varias lagunas, las cuales, dan origen a los ríos mencionados. Las rocas que forman esta cordillera son areniscas blancas del Grupo Oriente y las lodolitas y areniscas rojas de la Formación Sarayaquillo, respectivamente.

Su forma es irregular, sigue una dirección NO-SE, alcanzando hasta 45 km. de largo; su continuación tanto al Sur como al Norte, llega a constituir cadenas longitudinales subandinas de cerros de menor elevación.

Ladera Cordillerana

Se ha denominado así a la unidad geomorfológica que se ubica entre la ruptura de pendiente a un fondo de valle y las cordilleras propiamente dichas. Sus desniveles pueden variar entre 1,000 a 3,800 msnm. Se caracteriza por presentar pendientes menos pronunciadas que los valles encañonados, resultan siendo los flancos alejados del lecho de los ríos, cuyas pendientes oscilan entre 20° a 35°. Las laderas cordilleranas más notables, se observan a ambos lados de la Cordillera Oriental y en el flanco Occidental de la Cordillera de Lajasbamba-Yasgolga, constituyendo los flancos no inmediatos de los ríos Marañón y Utcubamba.

Para el caso del Río Marañón, la ladera Cordillerana se extiende como fajas paralelas a ambos lados del mismo, alcanzan amplitudes hasta de 15 km. que muestran cierta regularidad. Esta geoforma característica del Marañón, se la puede observar a lo largo de los cuadrángulos de Bolívar, hasta el extremo SO de la hoja de Bagua Grande.

En toda su extensión la ladera está disectada por ríos y quebradas, cuyas direcciones de escurrimiento van de NE a SO y de SO a NE aproximadamente normales a la estructura andina.

Algo similar ocurre con las laderas cordilleranas que flanquean al Río Utcubamba. Las rocas que constituyen el basamento de estas geoformas, son metamórficas, ígneas y sedimentarias,

que generan una cobertura de suelo areno arcilloso el cual es fácilmente transportado pendiente abajo por las corrientes de agua, especialmente, en las épocas de lluvias, originando flujos de lodo y piedras, deslizamientos, aluviones, etc.; los que además, de la remoción de masa, ocasionan acumulación parcial de materiales sueltos en las desembocaduras de los ríos principales. Un perfil longitudinal a lo largo de estas laderas cordilleranas sería presentado por un trazo aproximadamente dentado con cumbres de crestas semiredondeadas y depresiones en forma de "V".

5.3 FAJA SUBANDINA

5.3.1 CADENA LONGITUDINAL SUBANDINA

Es una franja alineada compuesta por rocas mesozoicas cuyos desniveles van desde los 2,000 a 3,000 msnm. y que alcanzan longitudes mayores de 60 km., separando ríos principales como es el caso de las cadenas longitudinales que dividen las cuencas hidrográficas de los ríos Utcubamba, Chiriaco y Nieva.

Las cadenas longitudinales subandinas son una prolongación de la Cordillera Oriental en el área de Bagua; igualmente de la Cordillera de Piscohuanuna o Ventilla (Jumbilla), tanto al Noroeste como al Sudeste; pero sin alcanzar los niveles que caracterizan al paisaje Puna con evidencia de actividad glaciario.

La disposición y morfología de las cadenas subandinas está controlada por las estructuras de deformación y la litología de las rocas mesozoicas, especialmente triásico-jurásicas, allí se han generado cuevas, puentes naturales y ríos ciegos en las rocas calcáreas.

5.3.2 FLANCO DISECTADO ASIMÉTRICO

Se ha denominado así a la Ladera Subandina Occidental que se encuentra en las hojas de Bagua Grande y Jumbilla, como una franja de 10 Km. de ancho que separa el valle sinclinal de Bagua de los remanentes de la Cordillera Oriental y de la cadena subandina, tiene una longitud aprox. de 60 Km. con dirección NO-SE. Básicamente, está formada por rocas calcáreas del Grupo Pucará y se caracteriza por cadenas de cerros de crestas agudas a semiredondeadas, con pendientes muy pronunciadas, dispuestas irregularmente, indicando una fuerte disección que se expresa en quebradas y valles transversales, cuyas escorrentías dan sus aguas en la margen derecha del Río Utcubamba. Las intensas precipitaciones pluviales en la zona han desarrollado una densa vegetación y un relieve cárstico que se caracteriza por la presencia de cuevas y dolinas. Los valles que caracterizan este flanco disectado tienen secciones transversales en "V" y forman además, gargantas y saltos pronunciados. Las diferencias de nivel entre el valle y las cumbres, algunas veces exceden los 1,000 metros.

5.3.3 LADERA SUBANDINA

Corresponde a las partes más bajas de la cadena longitudinal subandina, cuyas laderas no son tan altas ni empinadas; las partes más orientales representan un paso transicional hacia las lomadas y depresiones. Esta unidad geomorfológica tiene superficie moderada con pendientes bajas y sin rasgos fisiográficos importantes. Está cubierta de una vegetación

exhuberante y ocupa gran parte de las hojas de Rioja, Jumbilla y Bagua Grande. Los valles son transversales, de recorrido corto y con secciones transversales en "V".

5.3.4 MESETAS ESTRUCTURALES

Esta unidad está conformada por rocas del Grupo Goyllarisquizga, Oriente y la Fm. Chúlec. Se caracteriza por tener un modelado suave a llano, debido a una posición sub-horizontal de los estratos (buzamientos de 05° a 25°); a la resistencia que ofrecen las areniscas cuarzosas ante la erosión y al plegamiento suave que ha sufrido esta unidad. En la zona de Jumbilla, se observa una pequeña meseta estructural con una ligera depresión sinclinal donde se acumulan las aguas de la Laguna Pomacocha. Las ciudades de Chachapoyas, Luya y Lamud, se encuentran ubicadas sobre una meseta estructural de relieve ondulado, disectado por quebradas de poco caudal que han formado pequeños valles en partes encañonados, en algunos casos de fondo plano. Esta meseta presenta depósitos semi-consolidados del Neógeno superior Cuaternario, denominados Formación Inguilpata.

5.3.5 MONTE ISLA

El conocido Morro de Calzada, cuya altura aproximada es 1,100 msnm. resalta en su forma y elevación con respecto a las áreas adyacentes que forman un llano característico de la depresión morfológica de Rioja. Este monte Isla de Calzada es el único en el área de estudio y está constituido por areniscas cuarzosas del Grupo Oriente, que en su pie presenta algunas lomadas suaves resultantes de la erosión de la Formación Sarayaquillo que forma su base y de las acumulaciones de talud. Se deduce que este macizo es un remanente de la erosión lateral ejercida por los cursos de agua (Río Indoché), que lo circundan y por la acción de los agentes meteóricos; aunque su origen estructural aun es discutible.

6.0 GEOLOGÍA REGIONAL

En el mapa geológico del área entre Bagua Grande y Río Nieva, se ha empleado la nomenclatura litoestratigráfica de la Carta Geológica Nacional.

Las unidades estratigráficas mesozoicas delimitadas en la zona de estudio tienen características que reflejan de algún modo la influencia del substrato proterozoico y paleozoico, cuyas unidades de roca forman el núcleo de la Cordillera Oriental. Hacia Bagua Grande, la cadena cordillerana tiene menos altitud dando lugar a la zona subandina; en la cual predominan rocas mesozoicas (Mapa N° 6):

6.1 ESTRATIGRAFÍA

6.1.1 PROTEROZOICO

6.1.1.1 Complejo del Maraón

Las rocas más antiguas del área estudiada, corresponden al "Complejo del Maraón", descrito por Wílson J. y Reyes L. (1964), en el cuadrángulo de Pataz.

Este complejo lo forman mayormente rocas metamórficas y algunos cuerpos intrusivos menores que se encuentran como una franja de dirección NO-SE, cuya anchura varía entre 5 a 25 Km. Aflora en Bagua Grande y en la zona de Aserradero.

El Complejo del Maraón tiene diversas unidades litológicas, cuyos contactos son confusos y poco diferenciados; sin embargo, de acuerdo a la información regional de INGEMMET, se asumen, tres unidades litológicas dispuestas como franjas irregulares que siguen una dirección NO-SE, tal como se observa en el mapa geológico regional; éstas unidades son:

Esquistos y gneises
Esquistos
Esquistos micáceos

No obstante, esta separación solamente indica el predominio de las unidades mencionadas y no implica la ausencia de otras litologías que pueden hallarse en pequeño volumen.

Esquistos y gneises

Las rocas de esta clase se encuentran a lo largo del Valle del Maraón, en el cuadrángulo de Bagua Grande. Las más abundantes son los esquistos gris verdosos, en tanto que los gneises grises a rosados se encuentran en menor proporción. Los gneises constituyen cuerpos discontinuos en la parte central de la franja de afloramientos, se les clasifica como ortogneises y paragneises asociados con vetas de cuarzo feldespáticas deformadas:

La gran mayoría de esquistos y gneises presentan claramente dos esquistosidades con orientación variable, y en algunos casos pueden distinguirse tres. Las tendencias predominantes de la esquistosidad y bandeamiento son N 20° a 40° O, N 80° O y N 80° E.

Los esquistos y gneises tienen mayormente texturas de tectonitas foliadas y en menor volumen existen texturas controladas por el hábito de los componentes mineralógicos. Los esquistos son de cuarzo y micas con algunas plagioclasas y granates; en cambio los ortogneises son granítico-tonalíticos con cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita, granate, tienen texturas protoclásticas a milonítica ocelar; en algunos casos se observa porfiroblastos de granate y agregados de cuarzo con feldespatos. Los minerales accesorios más frecuentes son apatito, zircón y clorita+sericita.

Esquistos

Estas rocas ocurren como una franja paralela al Río Marañón, en el extremo Sur del cuadrángulo de Bagua Grande y se prolonga hacia el sur, tiene una anchura de 3 a 4 Km..

Los esquistos son verdes, grises, gris oscuros y están asociados con abundantes vetas de cuarzo que alcanzan grosores de 1 m. y algunos diques de andesitas y diabasas, estos diques y vetas son mayormente concordantes con la esquistosidad.

Las rocas más comunes son esquistos cuarzosos, esquistos de cuarzo sericita, y esquistos grafiticos

En la mayoría de las rocas se observan clivajes y desplazamiento por deformación, especialmente en las rocas cuyos componentes principales son los filosilicatos. También, los esquistos presentan heterogeneidad estructural; en algunas partes son tabulares; en la mayoría de los casos se encuentran contorsionados, mostrando pliegues de dimensiones variadas que van desde algunos centímetros hasta decenas de metros.

En las secuencias tabulares se observa muchas veces alternancia o intercalación de esquistos variados; tanto litológica como texturalmente, asimismo, las asociaciones mineralógicas son diferentes; según ello se puede inferir que las rocas originales fueron secuencias sedimentarias que han sufrido procesos de metamorfismo regional donde actuaron preferentemente la temperatura y los esfuerzos compresivos.

Esquistos micáceos

Se encuentran en ambos lados del núcleo metamórfico que conforman los esquistos y gneises. Los esquistos micáceos se intercalan con algunos esquistos cuarzosos; su relieve en general es más suave; en comparación con los esquistos y gneises.

Las texturas de los esquistos micáceos son protomiloníticas a ultramiloníticas. Se nota claramente dos direcciones de esquistosidad, observándose que los granoblastos y las vetas de cuarzo están bastante deformadas.

Estas rocas corresponden a las facies de esquistos verdes, y se les clasifican mayormente como esquistos sericítico-cloritoso, o esquistos de mica-cuarzo.

6.1.2 PALEOZOICO

6.1.2.1 GRUPO MITU

El Grupo Mitu en el área de estudio, consiste esencialmente de rocas clásticas continentales que ocurren en estratos medianos a gruesos y que se diferencian fácilmente por su color rojo y su resistencia a la erosión; su distribución se observa en Bagua Grande donde se encuentra como afloramientos casi continuos que ocupan gran extensión de las Cordilleras Oriental y Yasgolga.

El afloramiento más representativo del Grupo Mitu que se ha encontrado en la zona de estudio, se ubica entre las quebradas El Ron y Naranjitos (Bagua Grande). Los afloramientos más accesibles se observan aguas abajo de Corontachaca en el Río Utcubamba; a lo largo de 10 Km., se tienen areniscas rojas en estratos con grosores de 30 cm. a 1 m., muy resistentes a la erosión y que condicionan la forma encañonada del valle.

Al Oriente de la Cordillera de Piscohuañuna, en las nacientes del Río Naranjitos (Jumbilla), están presentes las areniscas rojas del Grupo Mitu, infrayaciendo al Grupo Pucará.

El límite superior del Grupo Mitu es una discordancia angular con las rocas calcáreas del Grupo Pucará. En el Río Utcubamba, aguas abajo de Corontachaca, se nota claramente la discordancia. En otros casos, especialmente en ambos flancos del Río Marañón al Sur de Lonya Grande, el Grupo Mitu infrayace en discordancia angular a las areniscas del Grupo Goyllarisquizga.

Los componentes líticos más comunes del Grupo Mitu son areniscas, lodolitas y conglomerados polimícticos, en pequeña proporción están presentes algunas rocas volcánicas piroclásticas y brechas polimícticas bien cementadas. En sentido general, las rocas características del Grupo Mitu son las areniscas que se encuentran en todos los afloramientos y se clasifican como areniscas líticas, grauwas feldespáticas, arcosas, etc. El Grupo Mitu entre la Quebrada La Tina y El Ron (Bagua Grande), presenta en su base y en los niveles inferiores conglomerados polimícticos mal clasificados, constituidos por clastos cuyos diámetros llegan hasta 60 cm., tienen matriz areniscosa a limolítica de color rojo. La litología de los clastos corresponde mayormente a rocas graníticas, rocas metamórficas, rocas volcánicas y metasedimentitas; asociadas con los conglomerados se encuentran areniscas líticas.

En general, la estratificación del Grupo Mitu es media a gruesa, con límites planos y ondulados no paralelos, donde se observa frecuentemente estratificación cruzada, laminación paralela, ondulada, paleocanales, grietas de desecación.



Foto 3.- Afloramiento de gneis en el poblado El Cerezo, muy fracturado, reúne buenas condiciones como cantera para las obras a proyectarse, por su rápida extracción.

6.1.3 MESOZOICO

6.1.3.1 TRIÁSICO – JURÁSICO

En la descripción de la secuencia calcárea triásica-jurásica, la nomenclatura empleada es aquella usada en el Perú Central, por Mc. Laughlin (1924), Mégard, F. (1968), teniendo en consideración la similitud de las unidades litoestratigráficas.

6.1.3.1.1 GRUPO PUCARÁ

Las calizas del Grupo Pucará afloran en gran parte entre Chachapoyas, Jumbilla, Rioja y Bagua. En general, el Grupo Pucará se encuentra al Este del Complejo del Marañón; los afloramientos más accesibles son los del Río Utcubamba.

El Grupo Pucará influye notablemente en la morfología permitiendo el desarrollo de un relieve cárstico con abundantes cavernas y dolinas. En el flanco subandino el Grupo Pucará se encuentra cubierto enteramente por vegetación tipo Selva.

El Grupo Pucará se encuentra bastante deformado y en muchos lugares sobreyace en discordancia angular al Grupo Mitu, e infrayace en igual relación a la Formación Sarayaquillo o a los grupos Goyllarisquizga u Oriente.

Foto 4.- Al fondo, en la base afloramientos de areniscas rojas del Grupo Mitu; encima en discordancia angular calizas de la Fm. Chambará. Próximo a la progresiva 290+000



Foto 5.- Al fondo, discordancia angular de la Fm. Chambará, sobre el Grupo Mitu constituida por calizas resistentes y masivas, caracterizadas por presentar farallones y escarpas empinadas



Foto 6.- Pliegues flexurados en la Fm. Chambará. Próximo a la progresiva 297+350.

Formación Chambará

Es la unidad que constituye la base del Grupo Pucará, sus afloramientos principales se encuentran, al sur de Chachapoyas. En los ríos Pomacocha (Sudoeste de Leimebamba) y Utcubamba, se le encuentra formando núcleos de pliegues anticlinales; similar posición se observa en las cercanías de Bagua Grande, Jumbilla y la parte occidental de Rioja, donde la Formación Chambará constituye el núcleo de las cadenas longitudinales subandinas, que tienen rumbo NO-SE.

Las calizas de la Formación Chambará son grises a gris oscuras con coloraciones superficiales beige a marrón claro; se les describe como biomicritas, calizas dolomíticas, algunas dolomitas espáticas y calizas micríticas dolomitizadas; contienen espículas de esponjas, restos de ostrácodos, bivalvos, equinodermos, etc., generalmente reemplazados por calcita.

La Formación Chambará tiene un grosor casi constante de 400 m. aunque el máximo puede alcanzar los 500 m. en los ríos Sonche y Púsac.

La Formación Chambará suprayace discordante sobre el Grupo Mitu, se le observa claramente aguas abajo de Corontachaca. Infrayace en concordancia a la Formación Aramachay en todos los lugares donde están presentes las dos unidades. En el Río Sonche la Formación Chambará infrayace en discordancia angular al Grupo Goyllarisquiza y a la Formación Sarayaquillo.

Formación Aramachay

Es una unidad fácilmente reconocible por sus afloramientos menos resistentes a la erosión en comparación con las unidades supra e infrayacentes. Generalmente sobre ella se han desarrollado cultivos y pastos naturales.

La Formación Aramachay se caracteriza porque sus estratos tienen grosores de 5 a 40 cm. y están generalmente limitados por superficies de estratificación planas y paralelas, de modo que en su mayor parte esta formación tiene estratificación tabular.

Está ampliamente distribuida a lo largo del área estudiada, donde muestra una coloración superficial; crema a beige siendo marrón oscura a gris marrón en las áreas húmedas con mayor densidad de lluvias y por tanto con abundante vegetación. Su distribución es similar a la de la Formación Chambará, tal como se observa en el mapa geológico respectivo.

La Formación Aramachay consiste de calizas y limoarcillitas color marrón oscuro, intercaladas con calizas grises a negras, bituminosas, limoarcillitas calcáreas color marrón oscuro en estratos tabulares de 5 a 40 cm., diferenciables por su menor resistencia a la erosión y porque superficialmente presentan coloraciones cremas, de aspecto terroso, especialmente en las áreas áridas.

Caracterizan a la unidad las limoarcillitas marrones con restos de radiolarios, espículas de esponjas, con algunos nódulos de color marrón amarillento de forma irregular; algunas rocas pueden clasificarse como limoarcillitas en tanto que otras son bastante porosas y con baja gravedad específica.

Dentro de la Formación Aramachay, se observan ligeros cambios de litofacies marcados por la abundancia de nódulos calcáreos, la presencia de niveles de carbón y un incremento de calizas limolíticas hacia el Sur.

El grosor promedio de la Formación Aramachay es de 150 a 200 m. en el valle del Utcubamba.

Formación Condorsinga

El rasgo distintivo de la Formación Condorsinga aparte de su posición dentro de la secuencia, es la estratificación delgada en su base, y gruesa hacia el tope; además es notoria su mayor resistencia a la erosión en relación con la unidad infrayacente. Ello se puede apreciar; en el Río Utcubamba.

La Formación Condorsinga consiste de una secuencia de calizas micríticas de color gris a beige, generalmente dispuesta en estratos delgados entre 10 a 30 cm. de grosor, con superficies de estratificación algo onduladas, paralelas y discontinuas. En algunos casos, tiene intercalaciones de limoarcillitas delgadas con grosores menores de 10 cm. de colores gris claro, verdoso a amarillentas. Los estratos delgados en algunos casos, muestran deformación tipo slumping o deslizamientos. El grosor de este miembro es mayor en el Río Utcubamba.

La mitad superior la integran calizas micríticas en estratos gruesos de aspecto macizo, similar a aquellas de la Formación Chambará, pero se les diferencia porque en general carecen de nódulos de chert, su estratificación es ligeramente más tabular, definida y macroscópicamente son calizas grises a gris claras, finas. Su grosor aproximado es de 100 metros. Las calizas en la parte oriental son más gruesas y varios lugares tienen estratificación y laminación.

La Formación Condorsinga, es una unidad claramente cartografiable cuyos mayores grosores se encuentran en la parte oriental, alcanzando hasta 200 metros.

La Formación Condorsinga sobreyace concordantemente a la Formación Aramachay e infrayace en leve discordancia angular a la Formación Corontachaca al Norte de Cállic, en el Río Utcubamba.

6.1.3.1.2 FORMACIÓN CORONTACHACA

A. Sánchez (1995) ha designado así a una secuencia de brechas y brechas-conglomerados, esencialmente calcáreos, conformados por fragmentos angulosos y subredondeados de calizas, en una matriz fuertemente cementada de material calcáreo. Esta unidad se encuentra sobreyaciendo en discordancia angular a las calizas de la Formación Condorsinga e infrayacen en relación similar a las sedimentitas rojas de la Formación Sarayaquillo.

La Formación Corontachaca se le ha observado en el puente Corontachaca, 3 Km. al NO de la localidad de Pedro Ruiz, conformando un afloramiento abrupto y resistente que da lugar a una caída de aguas azufrosas y al encañonamiento del Río Utcubamba en esta parte. Allí la Formación Corontachaca constituye farallones bastante escarpados, donde se diferencian estratos gruesos y macizos mayores de 1 m.

Las brechas y conglomerado brecha que constituyen la Formación Corontachaca, son mal seleccionados oligomícticos y bastante resistentes a la erosión

Su origen está relacionado al parecer, a un levantamiento y erosión intensa de las calizas del Grupo Pucará que dió lugar a la acumulación de depósitos de talud en una escarpa pronunciada; los cuales fueron cementados por sus propias disoluciones de carbonato de calcio. Tal interpretación se desprende de sus variaciones geométricas, petrográficas y sus intercalaciones tanto a lo largo como a lo ancho de sus afloramientos. Además esta unidad se ubica en el talud oriental de los bloques o macizos paleozoicos, y debe haberse acumulado durante un levantamiento de los mismos ocurrido entre mediados y fines del Jurásico.

6.1.3.1.3 FORMACIÓN SARAYAQUILLO

Como se aprecia en el mapa geológico, esta unidad se encuentra mejor desarrollada al oriente del alineamiento Río Sonche-Churuja-Pedro Ruiz.

Su característica principal es la coloración rojiza y un relieve más suave con respecto a las unidades adyacentes. Los principales lugares donde se encuentran esta unidad, se ubican en los cuadrángulos de Jumbilla y en Rioja y en afloramientos mas restringidos en la parte Noreste de Bagua Grande.

Afloramientos importantes se observan en el tramo de la carretera Pedro Ruiz-Pomacochas:

La Formación Sarayaquillo consiste principalmente de lodolitas, limolitas y areniscas rojas intercaladas en estratos medios. En la parte superior se intercalan areniscas grises claras a marrón claras en estratos de grosores variables, desde algunos centímetros hasta un metro. Ocasionalmente, se pueden encontrar conglomerados mal clasificados, polimícticos, de extensión reducida.

Las rocas de la Formación Sarayaquillo presentan abundantes estructuras sedimentarias, en algunos casos las areniscas gris verdosas, incluyen restos de troncos y tallos de plantas con láminas delgadas de carbón.

En algunos tramos de la carretera Pedro Ruíz-Pomacochas (Jumbilla), etc. existen cuerpos importantes de yeso; mientras que en Yurumarca se encuentra “sal de piedra” asociada con lodolitas rojas de la Formación Sarayaquillo estos depósitos generalmente, se ubican en la parte inferior de esta unidad.

También se observan algunas brechas con fragmentos de calizas, areniscas rojizas, rodeados por una matriz calcárea areniscosa de color rojo; intercaladas con areniscas y limolitas rojas que contienen cuerpos lenticulares de conglomerados. Sin embargo, las más abundantes son las lodolitas rojas y las areniscas tipo grawacas y arcosas líticas. La Formación Sarayaquillo sobreyace en discordancia angular a la Formación Corontachaca y al Grupo Pucará en sus afloramientos occidentales, del Río Sonche y en el Río Utcubamba.

6.1.3.2 CRETACEO INFERIOR - MEDIO

En la zona estudiada, afloran rocas cretáceas que han sido descritas anteriormente como secuencias propias del oriente.

Al Oeste del Río Marañón afloran las formaciones Inca y Pariatambo que se acuñan y desaparecen hacia el oriente, además, se aprecia que el límite de afloramientos de las unidades identificadas en las cuencas Cajamarca y Bagua corresponden a un alineamiento definido aproximadamente por una falla de rumbo N 40° - 45° O que limita un bloque levantado al Oeste y otro hundido al Este, coincidente con un cambio de litofacies.

6.1.3.2.1 GRUPO GOYLLARISQUIZGA

Es la secuencia clástica que infrayace a las rocas calcáreas del Albiano tal como fue definido por Wilson (1963) en el Perú central. En el área estudiada se ha considerado como Grupo Goyllarisquizga a la secuencia silíceo clástica de areniscas cuarzosas, limoarcillitas grises que se encuentran ampliamente distribuidas en el flanco izquierdo del Marañón y que se extienden hasta el Río Utcubamba sobreyaciendo indistintamente y en discordancia angular a las rocas pre-cretáceas. En el flanco occidental del valle del Marañón, generalmente se le observa como franjas alargadas de dirección NO-SE asociadas mayormente a fallas inversas o pliegues anticlinales. En Bagua suprayace a las calizas del Grupo Pucará, el Grupo Goyllarisquizga se encuentra como afloramientos aislados que sobreyacen generalmente a rocas metamórficas o al Grupo Mitu. Entre Chachapoyas-Pomacochas, el Grupo Goyllarisquizga sobreyace generalmente a la Formación Sarayaquillo o a las calizas del Grupo Pucará, tal relación se observa entre Tingorbamba y Pedro Ruiz.

El Grupo Goyllarisquizga consiste de areniscas cuarzosas de color blanco, blanco rojizo, blanco grisáceo a crema con coloraciones rojizas y pardas debidas a la meteorización; en conjunto forma capas macizas de areniscas separadas por capas menos resistentes que corresponden a limolitas y limoarcillitas grises y verdosas.

La parte inferior de la secuencia consiste mayormente de areniscas y en algunas áreas se encuentra un conglomerado cuarzoso, polimíctico en la base; con más del 80% de clastos subredondeados de cuarzo) con un diámetro entre 5 a 10 cm. en una matriz areniscosa gruesa; alcanza un grosor de 6 m. y puede contener delgadas intercalaciones de areniscas lenticulares. Este conglomerado sobreyace a esquistos y gneises del Complejo del Marañón.

Otros conglomerados se observan en la base del Grupo Goyllarisquizga entre Churuja y La Florida y en la margen izquierda de la Quebrada Suyubamba al NE de Pedro Ruíz, donde alcanza entre 8 a 10 m. de grosor.

Sobre los conglomerados se encuentran mayormente areniscas cuarzosas en estratos gruesos a medios de 15 cm a más de 1 metro de grosor; en algunos lugares existe un nivel con lutitas grises carbonosas que incluyen restos de plantas y carbón de extensión reducida (La Florida, Tingorbamba, Sonche, etc.). Las areniscas de esta parte son mayormente de grano grueso con niveles algo conglomerádicos.

El Grupo Goyllarisquizga tiene grosores variables, así alcanza 280 a 300 m. en el Río Marañón; incrementa su grosor en el Río Utcubamba (Cáclic) y al Oeste del Marañón alcanzando espesores hasta de 350 m.



Foto 7.- Foto tomada desde el Puente Corontacacha hacia el SE, nótese estratificación de N-50°-O e inclinación de 30° SO, capas de calizas brechosas, masivas y compactas de la Fm. Corontachaca

Foto 8.- Catarata “La Cascada” con 120 m. de altura, sobre calizas de la Fm. Corontachaca a la altura del Km.. 298+675





Foto 9.- Puente Corontachaca, nótese talud artificial en calizas brechosas de la Fm. Corontachaca, cuyo macizo reúne buenas características en el Km. 299+000

6.1.3.2.2 GRUPO ORIENTE

Fué definido inicialmente como Formación Oriente en el Río Cushabatay, provincia de Contamana por Kummel B. (1946), posteriormente es elevada a la categoría de Grupo por Zegarra J. y Olaechea J. (1970), quienes identificaron las formaciones Cushabatay, Esperanza y Agua Caliente yendo de la más antigua a la más moderna.

La sección más completa del Grupo Oriente se considera en el tramo superior del Río Nieva. Allí se encuentran 350 m. de areniscas cuarzosas blancas de grano grueso que sobreyacen a la Formación Sarayaquillo en estratos gruesos, bastante resistentes y que generan escarpas muy empinadas; se encuentran algunas intercalaciones de limoarcillitas y limolitas grises en partes gris verdosas con grosores hasta de 1.5 m. Esta unidad de areniscas constituyen la Formación Cushabatay, descrita en la localidad tipo como la unidad basal. Sobre las areniscas cuarzosas, se encuentran 195 m. de areniscas grises a gris claras, intercaladas con limoarcillitas, limolitas y areniscas de grano fino de color gris a gris oscuro, en estratos medios a delgados de 10 a 40 cm. de grosor; ocasionalmente se encuentran capas de areniscas cuarzosas gris claras a blancas, de grano fino que alcanzan grosores hasta de 4 m. En esta unidad destaca el contenido de material carbonoso como laminillas o concentraciones pequeñas que le otorgan al conjunto una coloración gris con eflorescencias amarillentas. Esta unidad según su posición y las características litológicas, es la Formación Esperanza descrita en las montañas de Contamana.

La parte superior de la Formación Esperanza está constituida de 330 m. de limoarcillitas y 140 m de limolitas y algunas areniscas de grano fino en estratos delgados, que en conjunto tienen una coloración gris oscura; su estratificación es plana algo paralela en estratos delgados (5-20 cm.). Presentan en su parte inferior abundantes réstos de tallos de plantas y algunos restos mal conservados de bivalvos. Otra característica es su facilidad de partirse en láminas casi planas. Esta formación es distinguible por su morfología suave, la mayor parte casi siempre cubierta por suelo, y por su coloración gris oscura que hacia el límite superior es gris parda, está cubierta casi enteramente por una densa vegetación .

Sobreyaciendo concordantemente a esta unidad, se encuentran aprox. 15 a 20 m. de areniscas cuarzosas de grano fino de color blanco a gris claro, cuya resistencia a la meteorización es mayor; este nivel debe corresponder a la Formación Agua Caliente poco desarrollada. Le sobreyacen limoarcillitas grises, limoarcillitas verdosas, intercaladas con areniscas muy finas

verdosas, que infrayacen a limoarcillitas grises y pardas con algunos niveles calcáreos; éstas se consideran parte de la Formación Chonta.

Estableciendo una correlación entre el Grupo Oriente y el Grupo Goyllarisquizga se observa que sólo las formaciones Cushabatay y Esperanza son correlacionables con las unidades del Grupo Goyllarisquizga de la parte occidental del área, notándose que además de las variaciones litológicas (Esperanza) las unidades del Grupo Oriente representan un mayor grosor. Los niveles superiores de limoarcillitas (parte superior de la Formación Esperanza) las areniscas cuarzosas finas (Formación Agua Caliente) representan una correlación y equivalencia y en cierto modo, semejan características de la Formación Chonta.

6.1.3.2.3 FORMACIÓN CHÚLEC

Es de las unidades calcáreas más persistentes del área de estudio y se le reconoce claramente hasta el Río Utcubamba como la continuación de una secuencia más desarrollada hacia el occidente en la cuenca Cajamarca, donde fue descrita por otros autores

La Formación Chúlec, se encuentra bien expuesta entre Bagua Grande, y Chachapoyas. Se le reconoce fácilmente por su coloración crema y morfología suave, entre unidades más resistentes. Buenas exposiciones de ésta formación se encuentran aguas arriba sobre la margen izquierda del Río Utcubamba desde la parte occidental de Leimebamba. Los afloramientos más orientales de esta unidad son aquellos de la laguna de Pomacochas y los que se encuentran al Este de San Carlos en la hoja de Jumbilla.

La Formación Chúlec es claramente diferenciable porque está constituida de calizas, margas beige, cremas a grises que ocurren en estratos delgados de 5 a 30 cm. de grosor; usualmente están intercaladas con capas gruesas (mayores de 80 cm.) de limoarcillitas grises a gris verdosas con meteorización a modo de nódulos algo redondeados e irregulares, las superficies de estratificación son onduladas y las capas son nodulosas; hacia la parte superior las calizas pueden ser tabulares en estratos delgados.

La secuencia Chúlec es diferenciable por su coloración crema en superficie y por su menor resistencia a la erosión. En general, la estratificación es paralela y las calizas son micríticas.

En el extremo septentrional del Río Magunchal y en el valle de Bagua (Bagua Grande), la Formación Chúlec incluye en su parte superior algunos niveles de calizas gris oscuras en estratos delgados, similares a aquellas de la Fm. Pariatambo descritas más hacia el occidente por Wilson J., (1984) y Reyes R., (1980).

El grosor de la Formación Chúlec es de aproximadamente de 100 metros en el Río Utcubamba a sur de Pedro Ruíz. El grosor es mayor hacia el NO del área, en la cuenca de Bagua y hacia el Oeste del Río Marañón; en cambio, disminuye ostensiblemente sobre el bloque del Marañón. Sin embargo, la litología es casi homogénea.

6.1.3.2.4 FORMACION PARIATAMBO

Se ha considerado la parte terminal de la Formación Pariatambo descrita con mayor detalle por Wilson J. (1984), en Cutervo. Tal unidad formada por calizas gris oscuras bituminosas

con limoarcillitas de coloración similares, se extiende hacia el Oeste del Marañón; lo mismo ocurre con la Formación Inca.

Dichas unidades han sido descritas con gran detalle por Wilson J., (1984), en los cuadrángulos de Cutervo, Chota y Celendín.

6.1.3.2.5 FORMACIÓN CHONTA

Esta unidad fué definida por Morán y Fyfe (1933), quienes describieron a la Formación Chonta como una secuencia de 400 m. de calizas cremas a gris claras, margas, esquistos margosos y arcillosos y algunas areniscas y calizas en la base, las que se encuentran en la isla de Chonta en el Río Pachitea.

En la zona de estudio se ha considerado como dicha unidad a la secuencia de calizas, areniscas y limoarcillitas gris a pardo verdosas que suprayacen al Grupo Oriente y que se encuentran hacia el Este del alineamiento Molinopampa-Jumbilla-Río Chiriaco. La Formación Chonta ocupa generalmente parte de los sinclinales amplios que se encuentran en el sector oriental de Jumbilla, La Formación Chonta presenta generalmente relieves abruptos en su parte inferior y un relieve suave en su porción superior. Se le distingue porque da lugar a suelos arcillosos y fangosos con algunos niveles calcáreos, que superficialmente presentan coloraciones cremas. En los taludes frescos expuestos por derrumbes o deslizamientos, las limoarcillitas son característicamente grises.

En el afloramiento de la carretera a la altura del paraje Mirador (Jumbilla) la Formación Chonta, en su parte inferior consiste de limoarcillitas grises y verdosas con niveles delgados de areniscas verdosas, se observan algunos niveles de calizas. Esencialmente, la Formación Chonta en esta parte consiste de limoarcillitas grises en capas medias a gruesas con algunas calizas.

6.1.3.2.6 GRUPO PULLUICANA

El Grupo Pulluicana definido por Tafur I.(1950), en el valle de Cajamarca, consiste de calizas nodulares algo arcillíticas, con estratificación de límites ondulados que ocurre característicamente en estratos gruesos generalmente mayores de 50 cm.

Es una unidad muy resistente a la erosión que forma escarpas pronunciadas donde destacan las calizas macizas.

El Grupo Pulluicana indiviso se encuentra con mayor grosor en las partes occidentales de Bagua Grande; en cambio disminuye de grosor hacia la parte SO de Jumbilla.

El límite oriental de esta unidad es el Río Utcubamba también lo es la localidad de Jumbilla.

En Bagua Grande dentro del Grupo Pulluicana, existen algunas intercalaciones de areniscas y limoarcillitas gris parduzcas a verdosas en proporción mínima, con relación a las calizas que se encuentra en estratos gruesos; algunas capas nodulares tienen un contenido abundante de fósiles. Los grosores de esta secuencia llegan hasta 700 m. en la parte occidental mientras que el grosor mínimo de 100 m. se observa en la margen izquierda del Río Utcubamba.

El Grupo Pulluicana sobreyace concordantemente a la Formación Pariatambo en los lugares donde se encuentra esta unidad; en cambio, hacia el oriente del Río Marañón, el Grupo Pulluicana suprayace en forma concordante a la Formación Chulec que parece incluir algunos estratos delgados, equivalentes a la Formación Pariatambo.



Foto 10.- Puente Magunchal en la base calizas en capas medianas de la Fm. Chulec, al tope calizas beige del Grupo Pulluicana

6.1.3.2.7 GRUPO QUILQUIÑÁN

Esta unidad que suprayace concordantemente al Grupo Pulluicana, ha sido observada solamente en Bagua Grande. Es fácilmente distinguible por su relieve suave, debido a que los conformantes del Grupo Quilquiñán son limoarcillitas, lutitas grises y verdosas intercaladas con estratos delgados de calizas nodulares y margas que generan un relieve que contrasta con aquellos de las calizas infra y suprayacentes. Superficialmente, muestran una coloración crema a marrón claro. Su grosor varía entre 100 a 400 metros, siendo mayor en la cuenca Bagua. Su grosor disminuye considerablemente yendo hacia el Río Marañón.

Los mejores afloramientos de tal unidad se hallan en los flancos del pliegue sinclinal de Bagua, donde se ha observado gran cantidad de fósiles.



Foto 11.- Quilquiñán en el poblado Pueblo Nuevo; al fondo Aserradero

6.1.3.2.8 FORMACIÓN CAJAMARCA

La Formación Cajamarca consiste de calizas macizas, en estratos gruesos de 50 cm. a más de 1 m. de grosor, con superficies de estratificación ondulada que destacan por su resistencia a la erosión, en contraste con el Grupo Quilquiñán, al cual suprayacen concordantemente.

En la cuenca de Bagua, la Formación Cajamarca no excede los 100 m. de grosor; en cambio al Oeste del Marañón puede alcanzar 300 m.

Constituyen esta unidad calizas finas, de color gris a pardo claro, con intercalaciones muy delgadas de calizas arcillíticas que contienen fósiles

6.1.3.2.9 FORMACIÓN CELENDÍN

Esta unidad definida en la localidad de Celendín por Benavides V. (1956), se encuentra en ambos flancos del sinclinal de Bagua formando suelos arcillo limosos de color pardo amarillento claro, bastante erosionables, que cubren elevaciones suaves.

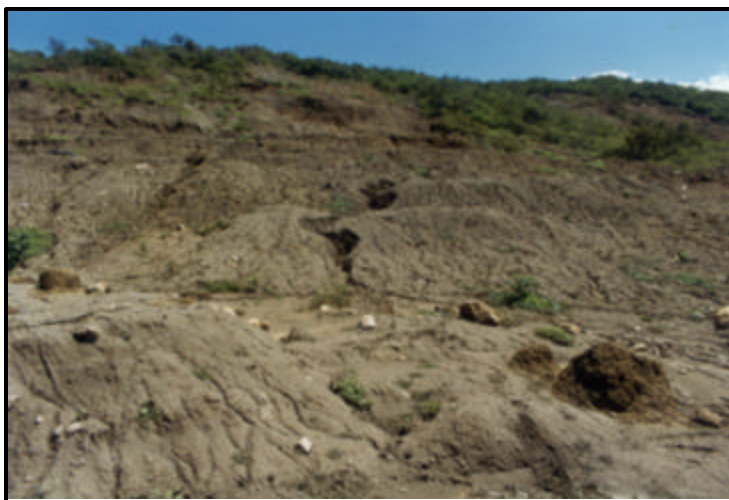
La Formación Celendín alcanza un grosor máximo de 200 m. en la cuenca de Bagua, y consiste de margas parcialmente de color amarillo, ocre limoarcillitas grises y algunas calizas nodulares gris a beige, en estratos delgados menores de 60 cm. de grosor. Esta unidad contiene abundantes fósiles de ammonites.

Sus relaciones estratigráficas son concordantes con la Formación Cajamarca, infrayacente y con la Formación Chota que la suprayace.



Foto 12.- Al tope, afloramiento de calizas de la Fm. Cajamarca, caracterizada por presentar cornisas resistentes a erosión. Próximo al poblado de Aserradero

Foto 13.- Deslizamiento activo escalonado, observada hacia el Este, afloramiento de lutitas, limoarcillitas de la Fm. Celendín, susceptible a fenómenos de geodinámica externa, principalmente a manera de deslizamiento en flujos como ocurre próximo a la progresiva 261+000



6.1.3.2.10 FORMACIÓN VIVIAN

Esta unidad del Cretáceo superior definida en la Quebrada. Vivian de la Región de Contamana (Kummel B., 1946), se encuentra formando el núcleo en pliegues sinclinales amplios, en las nacientes del Río Mayo (NE de Jumbilla); y el Río Chiriaco en Jumbilla.

La Formación Vivian consiste de 90 metros de areniscas blancas, cuarzosas de grano fino a grueso que se disponen en estratos de 10 a 60 cm. separados en algunos casos por capas muy delgadas de limoarcillitas grises. Las areniscas son bien clasificadas formadas por cuarzo y algunos litoclastos, se clasifican como y areniscas cuarzosas de grano medio a fino; éstas rocas al golpe se disgregan fácilmente formando un conjunto o terrón de granos con apariencia sacaróide.

La Formación Vivian yace concordantemente sobre las limoarcillitas grises de la Formación Chonta, e infrayace en relación similar con ligera discordancia a las capas rojas del Grupo Huayabamba.

6.1.3.3 CRETÁCEO SUPERIOR – PALEÓGENO

6.1.3.3.1 FORMACIÓN CHOTA

Esta unidad definida por Broggi J. A. (1942) en los alrededores de la ciudad de Chota es fácilmente diferenciable por su coloración rojiza a púrpura. Ha sido cartografiada por Wilson J. (1984) en los cuadrángulos de Chota, Cutervo, Celendín. También Reyes R. L.(1980), la ha registrado en las hojas de San Marcos, Cajabamba y Wilson J. (1964) en el cuadrángulo de Pataz.

En Bagua Grande constituye el núcleo del pliegue sinclinal entre Bagua Grande y Naranjitos. En el flanco derecho del valle Sinclinal, la Formación Chota se prolonga hacia el NO entre Copallín, El Parco y el Pongo de Rentema. Se le observa también en Bagua Grande, y continúa hacia Jaén, en la parte occidental.

El límite entre la Formación Celendín y la Formación Chota es de naturaleza transicional y está representada por 3 a 4 m. de capas rojas areniscosas y algo calcáreas, con intercalaciones de niveles limoarcillíticos calcáreos de origen marino que contienen gasterópodos, bivalvos, ammonites y fragmentos de huesos.

La Formación Chota consiste de limoarcillitas, lodolitas, areniscas rojas a verdosas. También pueden identificarse algunos niveles volcánicos, areniscas tobáceas de colores verde, morado a gris claro. alcanza un grosor máximo de 200 m. en la cuenca Bagua.



Foto 14.- Afloramiento areniscas con intercalaciones de lutitas rojas de la Fm. Chota, reúne mejores condiciones geotécnicas que la Fm. Celendín, para realizar una variante

Foto 15.- Al fondo areniscas, lutitas de Fm. Chota, caracterizada por sus condiciones geotécnicas para una variante; a primera vista cantera de origen aluvial en la margen izquierda del río Utcubamba; fue utilizado por la compañía que realizó la actual carretera



6.1.3.3.2 FORMACION CAJARURO

Dávila, D. (1996) ha cartografiado como Formación Cajaruro en la cuenca de Bagua a una secuencia constituida por 150 m. de margas, lutitas interestratificadas con algunas calizas y areniscas gris claras a blanquesinas que en conjunto tienen una coloración blanco gris a crema.

Su nombre proviene del pueblo de Cajaruro que se encuentra en la margen derecha del Utcubamba frente a Bagua Grande; justamente el pueblo se encuentra asentado sobre las areniscas claras, algunas ligeramente calcáreas. La extensión de la Formación Cajaruro está restringida al pliegue sinclinal de Bagua.

La Formación Cajaruro yace concordantemente sobre la Formación Chota e infrayace en relación similar a la Formación El Milagro.

6.1.3.3.3 FORMACIÓN EL MILAGRO

Ha sido denominada así por Dávila D. (1996) en el cuadrángulo de Jaén. Es una secuencia grano creciente de origen lacustre a fluvial, que aflora en los alrededores de la base militar El Milagro en el cuadrángulo de Jaén. Esta unidad alcanza aproximadamente 1,200 m. Se encuentra sobreyaciendo a la Formación Cajaruro en la carretera Corral Quemado, Bagua Grande, entre Cajaruro y Copallín y al Oeste del Parco; forman el núcleo del pliegue sinclinal de Bagua; se la distingue por su coloración rojiza a abigarrada, en afloramientos con cortes escarpados debido a la erosión lateral.

La Formación el Milagro es mayormente de origen fluvial, consiste de conglomerados, areniscas y lodolitas rojas, algunos con marrón amarillentas, y otras de color blanco gris. Hacia el techo la secuencia es granocreciente y muestra un incremento de los conglomerados. En la base y en el techo se encuentran algunos niveles de tobas volcánicas. En esta unidad existen algunas capas delgadas de areniscas y limoarcillitas blanquecinas a grises, similares a la Formación Cajaruro. En la parte media predominan las areniscas y lodolitas rojas; alcanza un grosor aproximado de 1,000 m. En la Formación El Milagro se han encontrado huesos dientes y maxilares de mamíferos en diversos lugares, así también restos de troncos.

6.1.4 CUATERNARIO

6.1.4.1 DEPÓSITOS CUATERNARIOS

Las acumulaciones de sedimentos durante el Cuaternario, han sido variadas y de intensidad cambiante en toda la extensión del área de estudio; en donde, los procesos de acumulación que predominaron fueron glaciales, fluviales, aluvionales y coluviales;

Los depósitos resultantes de los procesos mencionados, cubren irregularmente las rocas preexistentes y su composición depende directamente de las rocas afectadas, de acuerdo a su ubicación.

Los depósitos más abundantes son los depósitos fluviales, que se han delimitado mayormente a lo largo del lecho de los ríos principales que discurren en el área de estudio. Su

granulometría es variada e incluye los rangos de gravas, arenas, limo y arcilla en el caso de los ríos que discurren sobre áreas planas como el Tonchima, el tramo superior del Chiriaco y el curso inferior del Río Utcubamba.

En el mapa geológico se considera como depósitos aluviales (Q-al) a aquellos depósitos inconsolidados que han sido acumulados por la combinación de procesos coluviales, aluvionales y fluviales, y que generalmente se ubican en las partes bajas inmediatas a las zonas elevadas y en los lechos de los valles

Sus grosores son variables al igual que su extensión, igualmente su composición litoclástica y su granulometría, dependen de las rocas que han servido de fuente y de la distancia a aquella

7.0 GEODINÁMICA

7.1 GEODINAMICA INTERNA

La interacción entre la Placa Oceánica de Nazca con la Placa Continental Sudamericana determinan la zona de subducción a lo largo de la Costa del Perú; la cual produce reajustes corticales que originan los sismos.

Dentro del mapa de riesgo sísmico del Instituto Geofísico del Perú, el área de estudio registra sismos de intensidades moderadas a altas, con sismos probables de 6° a 8° en la escala de Richter (Magnitud), por lo que es probable su influencia en procesos geodinámicos.

7.2 GEODINAMICA EXTERNA

En todo el sector de estudio se presentan procesos geodinámicos de gran magnitud, cuyo desarrollo está determinado por factores naturales entre los cuales, como principales y de mayor importancia, pueden mencionarse los siguientes:

Estructura Geológica.- Específicamente de pendiente (buzamiento) de estratos y capas en la margen izquierda, donde se ubica la carretera, con dirección NE (hacia el río), lo que determina la posible inestabilidad del talud natural (ladera natural).

Carácter de los depósitos geológicos de la margen izquierda del Río Utcubamba, donde se ubica la Carretera.- Como depósitos más desfavorables se presentan los depósitos de la Formación Celendín y de la Formación Quilquiñán, los cuales por sus características determinan la posible inestabilidad de las laderas y taludes; otros tipos de formaciones desfavorables, desde el punto de vista de la inestabilidad de taludes y laderas, son los depósitos cuaternarios de las depresiones (coluviales, proluviales y aluviales con matriz limosa y arcillosa).

Erosión fluvial del Río Utcubamba.- Relacionada con la dinámica fluvial y el carácter de material del lecho y bordes; predomina la erosión de la margen izquierda del Río Utcubamba (margen occidental).

La coincidencia de estos factores determina la siguiente forma de los procesos geodinámicos en dos estructuras geológicas regionales:

Bloque Occidental: La coincidencia de los tres factores principales indicado líneas arriba, ha determinado un desarrollo amplio de procesos de deformaciones – deslizamientos tipo corte y tipo flujo, a todo lo largo de la margen izquierda del Río Utcubamba. Se presentan deslizamientos escalonados con longitudes de abanico (círculo) de 50 hasta 200 m. y ancho del orden de 20 hasta 100 – 150 m., que forman una franja con ancho hasta de 1.0 Km., desde el río hasta la divisoria – límite de la cuenca del Utcubamba.

Se presentan deslizamientos activos y actualmente semiestables. Considerando la actividad permanente del río con variación de los intervalos de socavación, los deslizamientos

semiestables con el tiempo pueden activarse, determinando la inestabilidad permanente de la margen izquierda; lo que se confirma con el deslizamientos formados en los años 1998 (Km.. 259, 260 y 264), en periodos de lluvias de Enero – Mayo del 2000 (Km.. 266 y otros); y con el deslizamiento de la zona de Puerto Motupe (Km.. 241), que ocurrió el 25/12/1999.

Bloque Oriental: Las condiciones del Bloque Oriental son diferentes en comparación con el Bloque Occidental.

En la mayor parte de este Bloque (tramo Magunchal – Corontachaca), la margen izquierda del Río Utcubamba está formado por rocas competentes. La existencia de dos factores: la estructura geológica (inclinación desfavorable de los estratos y capas) y la erosión del río, determinan el desarrollo de procesos locales y de magnitudes limitadas, tipo escombros, derrumbes, caída de bloques.

En las depresiones rellenadas con material blando (coluvial, deluvial y proluvial con matriz limosa y arcillosa) que forman una parte menor del tramo, se presenta la coincidencia de los tres factores indicados líneas arriba, lo que determina la formación de deslizamientos de grandes magnitudes (Largo 100 – 300 mts. y ancho de 50 – 100 mts.).

Los intervalos de la carretera ubicados en zonas de deslizamientos son: Km.. 275 – 276, Km.. 289 – 291, Km.. 294 – 296. Los deslizamientos son actualmente activos o semiestables. La actual activación de los desplazamientos en el sector 275 – 296, se presenta como consecuencia de las condiciones formadas en su mayor parte en el periodo El Niño 1998 y aumentadas hasta un punto crítico con las intensas lluvias del año 1999-2000. El desarrollo de la erosión fluvial progresiva, conjuntamente con las intensas lluvias, específicamente en los futuros periodos de El Niño, podría generar una nueva activación de los procesos de desplazamiento.

7.2.1 BLOQUES CAÍDOS

Son remociones masivas y activas de fragmentos y escombros rocosos, pendiente abajo, depositados en forma irregular, por efecto de la gravedad, las lluvias y el grado de fracturamiento del macizo rocoso.

El tamaño de los bloques es variable de un lugar a otro, siendo un promedio de 0.50 a 1.00 m.

7.2.2 CHORRERAS

Son torrentes menores de aguas turbias viscosas, que ocurren en surcos divagantes o rectos siguiendo las laderas y la fuerte pendiente, cuyo origen se debe a las precipitaciones pluviales y posterior sobresaturación de suelos. Se diferencia de los huaycos por su menor volumen, magnitud y escurrimiento en surcos.

7.2.3 FISURAS

Son rajaduras y/o resquebrajamientos que ocurren en la plataforma actual. Son producidas por pérdidas de soporte lateral, erosión de riberas, reptación de suelos, deslizamientos

activos, derrumbes o por simple hundimiento en plataforma. En el Sector Naranjitos - Puente Corontachaca se manifiesta en diferentes magnitudes.



FFoto 16.- Bloques caídos en la ruta del poblado El Salao; aproximadamente a la altura del Km.. 264+670



Foto 17.- progresiva 269+650, a primera vista fisuras en plataforma, tramo muy difícil, al fondo erosión de riberas con deslizamiento escalonado en lutitas y margas; plataforma dañada

7.2.4 DESPRENDIMIENTOS DE ROCAS

Es el movimiento violento de bloques y fragmentos rocosos pendiente abajo que se desprende de un talud empinado o farallón a lo largo de una superficie en la cual se produce poco o ningún desplazamiento de corte. Esta masa desciende principalmente en caída libre por el aire, rebotando o rodando, con movimientos muy rápidos que pueden o no haber sido precedidos por otros movimientos. Este fenómeno está asociado al fracturamiento, como al grado de meteorización y alteración de los macizos rocosos.

Favorecen además para la ocurrencia de estos desprendimientos:

La acción de la gravedad y movimiento sísmico.

Precipitaciones pluviales intensas.

Fuerte pendiente en los taludes y densidad de fracturamiento de las rocas.

Pérdida de resistencia en los planos de discontinuidad.

Estos fenómenos se presentan generalmente bajo las siguientes condiciones:

Taludes naturales subverticales o verticales (sumamente empinados).

Taludes naturales conformados por roca recubierta con detritos y/o terrazas aluviales.

Taludes naturales constituidos por estratos alternados de rocas resistentes con rocas blandas y degradables.

Taludes de corte en los cuales se ha hecho excesivo uso de explosivos produciendo fracturamiento no controlados y/o interconexión de éstos.

Taludes socavados por erosión en la base.

Movimientos sísmicos.



Foto 18.- Desprendimiento de bloques y bloques inestables, en calizas subverticales de la Fm. Chambará. Progresiva 297+000 (G-10)

Foto 19.- Mirando al Oeste desde la progresiva 271+340, al fondo afloramiento de calizas en capas medianas a gruesas. Nótese desprendimientos de bloques y bloques caídos



7.2.5 DERRUMBES

Son caídas repentinas de una porción de suelo o roca por pérdida de la resistencia al esfuerzo cortante. No presenta planos o superficies de deslizamiento.

Se producen bajo las siguientes situaciones:

Presencia de grandes bloques o masas rocosas cuyo sistema de estratificación o fracturamiento se encuentra en situación desfavorable con relación a la inclinación del talud.

Modificación de la geometría de un talud natural.

Socavamiento o disgregación de los estratos en que se apoya una masa rocosa fracturada.

Zonas de debilidad.

Precipitación pluvial, filtración de agua.

Ocurrencia de movimientos sísmicos que provocan el oscilamiento de la masa rocosa fracturada.

Erosión de la base en bancos de materiales sedimentarios o detríticos medianamente consolidados o en rocas metamórficas.

Remoción de elementos naturales de contención en el proceso de excavación o corte para la construcción de obras viales.

Socavamiento del pie del talud inferior.



Foto 20.- Derrumbe en coluvial con matriz limo-arenoso de color rojizo; al frente ocurre erosión en las riberas en la progresiva 296+095 (G-14)

7.2.6 DESLIZAMIENTOS

Son movimientos gravitacionales de masas de roca o suelo que se deslizan sobre una o varias superficies de rotura al superar la resistencia cortante en estos planos. Es característico la presencia de planos de rotura a lo largo del cual se produce el movimiento que puede ser lento o violento.

Existen dos tipos de deslizamientos, sin embargo para los efectos del presente trabajo se ha considerado: Rotacional y Traslacional.

Deslizamiento Rotacional

Ocurre a través de superficies curvas que pueden ser o no a manera de arcos. Este tipo de deslizamiento es típico de la zona, desarrollándose en la pared, corona de los taludes y bermas de la plataforma. Presenta áreas de forma elíptica con superficies cóncavas orientadas, con su eje mayor, hacia el fondo de las quebradas.

Se ubica estratigráficamente en el nivel gravo-arenoso y se desarrolla progresivamente hacia las coronas de los taludes, conforme adquieren mayor pendiente por la erosión regresiva originada por la escorrentía superficial. A este factor se asocia la acumulación en la berma de agua producto de la precipitación pluvial, la cual se infiltra por las grietas de tensión hacia el cuerpo interno de los taludes originando la fuga de los elementos finos (arenas y limos); y dado que éstas áreas están libres de confinamiento lateral, originan en última instancia el desprendimiento en bloques de la pared talud.

Los ejemplos más comunes de deslizamientos rotacionales, son los asentamientos con escasa deformación que ocurren por desplazamientos a lo largo de una superficie de ruptura que tiene forma curva y cóncava hacia arriba, lo que indica que el movimiento es producido por un conjunto de fuerzas que generan un momento de volteo alrededor de un punto situado por encima del centro de gravedad de la masa.

Las grietas visibles son concéntricas en planta y cóncavas hacia la dirección del movimiento. La superficie inferior suele adoptar forma similar a la que deja una cuchara en una masa blanda.



Foto 21.- Deslizamiento activo escalonado en lutitas, areniscas del grupo Mitu, en la progresiva 295+090 a 295+280



Foto 22.- Deslizamiento activo escalonado en las lutitas de la Fm. Quilquiñan, próximo al poblado Pueblo Nuevo entre los Km..275+000 a 276+000



Foto 23.- Deslizamiento antiguo escalonado y estabilizado entre las progresivas 290+000 a 291+000

Deslizamiento Traslacional

En este tipo de movimiento la masa se mueve hacia afuera o hacia adentro y abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada, sin mostrar la tendencia de giro hacia atrás, característica de los deslizamientos rotacionales.

La diferencia entre los deslizamientos rotacionales y traslacionales es sumamente importante para determinar las medidas de control, ya que los primeros pueden llegar a estabilizarse por sí solos al restablecerse la condición de equilibrio, en tanto que los otros pueden continuar indefinidamente si la inclinación del talud tiene una pendiente pronunciada.

Las probabilidades de ocurrencia de deslizamientos se incrementa bajo las siguientes condiciones:

- Pérdida de soporte natural de talud natural.
- Presencia de superficies debilitadas tales como fallas, juntas, planos de asientos inconsistentes, etc.
- Variaciones de la resistencia al esfuerzo cortante entre los planos de estratificación o superficies de asiento de capas de detritos y la roca firme u otros materiales.
- Sobresaturación del terreno por agua.
- Desintegración gradual e hidratación de afloramientos rocosos.
- Alteración del sistema de equilibrio al disminuir las fuerzas que se oponen al movimiento por excavaciones de taludes.
- Acción de la gravedad.
- Intercalación de estratos competentes a incompetentes.
- Alteración del equilibrio al incrementarse las fuerzas que tienden a movilizar la masa, debido a la colocación de un relleno a media ladera.
- Procesos violentos de licuefacción o reducción de la resistencia al esfuerzo cortante por movimientos sísmicos.

Por las características geométricas (alturas y pendientes) de los promontorios la erosión regresiva se concentra al pie de los taludes ocasionando que éstos adquieran mayor inclinación, a consecuencia de ello el nivel arcilloso desarrolla un lento movimiento, ladera abajo, de la costra superficial (conformada además por la cobertura vegetal de árboles y arbustos).

Este tipo de deslizamiento origina la pérdida de la cobertura protectora vegetal trayendo como consecuencia que aflore el nivel areno - limoso con la consiguiente ocurrencia del deslizamiento rotacional y erosión superficial.

7.2.7 HUAYCOS O FLUJOS

Son movimientos de masas, más o menos rápidos, característicos de materiales sin cohesión combinados con aguas de lluvia, que se vienen arrastrando a lo largo de un cauce (para nuestro caso quebradas), materiales heterométricos desde suelos finos hasta inmensos bloques de roca.

Las causas principales que originan estos movimientos son:

- Fuertes precipitaciones pluviales.
- Meteorización que favorezca el aporte de materiales detríticos a los cauces y quebradas.
- Suelos inestables.
- Acumulaciones de suelos sobre una quebrada.
- Pendiente acentuada de laderas y los cauces de las quebradas.
- Escasa vegetación que dé protección de laderas y retarde el desplazamiento de las aguas superficiales.
- Quebradas o cursos de agua donde existen materiales no consolidados y sin cohesión.

Dentro de la clasificación general propuesta, recibe esta denominación un fenómeno combinado que podría calificarse como flujo avalancha, debido a la forma intempestiva y violenta en que se desencadena el movimiento, aunque sin perder las características de flujo viscoso.

La masa en movimiento está compuesta por aguas turbias y turbulentas, lodo y barro en rápido movimiento, portando elementos sólidos de diversos tamaños y bloques de rocas provenientes de las nacientes de los cursos de agua en áreas interfluviales, o que han sido removidos por la masa durante su trayecto.

7.2.8 INUNDACIONES

Son los desbordes laterales de ríos y lagos que cubren temporalmente los terrenos bajos adyacentes a sus riberas u orillas, llamadas zonas inundables. Se produce del Puerto Naranjitos al Salao.

Las causas principales son:

- Aumento considerable del caudal de un río por intensas precipitaciones pluviales.
- Obstrucción del lecho y desvío del agua fuera de su curso normal.
- Acumulación periódica de materiales sobre el río.
- Invasión de los terrenos dejados por el río.
- Incremento del nivel de las aguas de un lago o laguna originado por intensas precipitaciones pluviales.

7.2.9 EROSIÓN DE RIBERAS

Originada por la acción de los ríos o corrientes de aguas eventuales, que tiene lugar en los periodos de creciente o época de lluvias y consiste en el socavamiento de los taludes en las orillas por efecto de desgaste e impacto que producen las partículas sólidas acarreadas por el agua, en la base de dichos taludes.

Estos fenómenos se pueden advertir principalmente en la margen izquierda del Río Utcubamba; se distribuye de manera irregular (ver mapas geológicos).

7.2.10 ASENTAMIENTO SUPERFICIAL

Es originado por la pérdida de soporte en la base, que puede ser ocasionada por un material incompetente del substrato o por la constante erosión de riberas. Los factores condicionantes son las constantes lluvias, suelos incompetentes, presencia de material evaporítico o cavernas subterráneas.

En lo que corresponde al trazo Naranjitos - Corontachaca se debe principalmente al constante Socavamiento del Río Utcubamba; material incompetente, asimismo a la inclinación de estratos de manera favorable al plano de deslizamiento.

Ocurre por partes entre las progresivas 259+000 a 265+000, luego en el Km.. 273+000 y finalmente entre 275+000 a 276+000. (Ver mapas geológicos).

7.2.11 EROSIÓN SUPERFICIAL

El flujo natural de las aguas superficiales es frecuentemente alterado por la construcción de las obras viales y no siempre se da la debida atención a las obras de encauzamiento necesarias. Estas aguas no controladas al descender por taludes de materiales finos no consolidados, producen intensa erosión superficial que puede traducirse en problemas graves de sedimentación aguas abajo, así como la pérdida de estabilidad de los taludes situados por encima del vértice erosionado.

8.0 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

8.1 GENERALIDADES

El Tramo I : Corral Quemado – Pedro Ruiz, de manera especial el Sector Naranjitos - Puente Corontachaca, está controlado por lineamientos, fallas, pliegues que modelan el paisaje actual.

Sobre la base de imágenes de satélite Landsat - TM con su respectivo control de campo se ha podido determinar, dos bloques bien definidos que se separan desde el centro poblado Aserradero.

Bloque Oriental.- Caracterizado por su morfología agreste, formando superficies empinadas con valles bastante cerrados y encañonados. Litológicamente está constituida por rocas precambrianas (gneis), ubicada en el caserío El Cerezo; areniscas rojas del Grupo Mitu que conforma el núcleo de un mega-anticlinal limitados desde la progresiva 281+200 hasta 296+560, en ambos flancos se encuentra el Grupo Pucará con mayor desarrollo en la ruta hacia el Puente Corontachaca, asimismo en la margen derecha del Río Utcubamba donde tiene mayor amplitud las calizas de la Formación Chambará, Aramachay y Condorsinga, mientras las calizas brechosas de la Fm. Corontachaca se presenta en ambos lados del puente del mismo nombre.

Estructuralmente se caracteriza por presentar lineamientos de dirección N-05°-10°-E, N-15°-O y N-40°-O y E-O, los cuales controlan los cambios bruscos del Río Utcubamba y tributarios variando de Oeste a Este hasta el poblado Aserradero.

Las fallas son de carácter gravitacional menores de 5 Km. de dirección N-20°-30°-O; mientras los pliegues son asimétricos generalmente formados en las calizas del Pucará.

Bloque Occidental.- Comprendido desde Bagua Grande - Naranjitos hasta El Aserradero, donde se muestra un paisaje plano-ondulado, con valles abiertos y pendientes de cerros con suave inclinación. El cauce del Río Utcubamba se desarrolla de forma meandriforme con acumulaciones de depósitos aluviales en ambas márgenes.

Las rocas aflorantes corresponden en gran parte a rocas cretácicas conformando el cierre sur-oriental del megasinclinal de Bagua, siendo la base cuarcitas del Grupo Goyllarisquizga, seguidas de calizas de las Fm. Chúlec y Pulluicana; encima lutitas de Fm. Quilquiñán, en concordancia se describe calizas de la Fm. Cajamarca y cerrando al tope la Fm. Celendín constituida por lutitas intercaladas con horizontes de calizas.

En la margen derecha del Río Utcubamba se desarrolla la Fm. Chota que constituye el núcleo del Sinclinal de Bagua, caracterizada por areniscas rojas con intercalaciones de lutitas que reúne mayores condiciones geotécnicas para desarrollar una variante.

Estructuralmente conforma el Sinclinal de Bagua cuyo cierre se trunca a manera de una falla inversa de forma irregular que se desarrolla en el poblado de Aserradero.



Foto 16.- Desde la margen derecha del río Utcubamba al SO; fotos empalmes, al fondo cambio de morfología corresponde al plano de falla inversa, próximo al poblado Aserradero. A primera vista desde el poblado Pueblo Nuevo cuya plataforma se encuentra afectada por reptación de suelo constituidas por lutitas y margas de la Fm. Quilquiñán caracterizadas por una superficie aborregada a suave ondulada, con avance lento hacia la margen izquierda del río Utcubamba ocasionando erosión de riberas y por ende pérdida de soporte lateral. Se produce asentamiento de plataforma y deslizamientos en taludes. Solución realizar un By Pass entre 400 a 600 m. de la actual plataforma entre las progresivas 275+000 a 276+300

8.2 ESTRUCTURAS.

Entre las principales estructuras de orden regional se distingue:

8.2.1 LINEAMIENTOS

Se considera a estructuras mayores de 5 Km.. que se desarrollan principalmente en el bloque levantado diferenciándose cuatro direcciones predominantes:

N - 05° - 10° - E

N - 15° - O

N - 10° - O

E - O

Lineamiento Naranjitos

Se ubica a 2.5 Km.. al Oeste del Puerto de Naranjitos, tiene una dirección de sur a norte N-20°-O a N-10°-O con una longitud a 14 Km., corta lutitas de la Fm. Quilquiñán, calizas de la Fm. Cajamarca y lutitas de la Fm. Celendín; coincide con la quebrada Honda no afecta a la carretera.

Lineamiento Huillarán

Se ubica al SO de Magunchal, tiene una longitud de 12 Km.. con una dirección de N30°-35°-E, controla íntegramente a calizas de la Fm. Chúlec y Pulluicana sus prolongaciones al norte

coinciden con la zona de deslizamiento en la progresiva 273+ 000, el cual no es debido a este control estructural; se debe a condiciones litológicas (lutitas y calizas) y erosión de riberas.

Lineamiento Magunchal

Tiene una longitud de 13 Km.. coincide con el cauce del Río Magunchal, con una dirección de N - 05° a 10°-O, controla íntegramente a calizas de la Fm. Chúllec. Se considera una falla de rumbo de carácter sinistral. No afecta a la plataforma.

Lineamiento La Tina

Se desarrolla al Oeste de la quebrada La Tina a una distancia de 1 Km., controla a las areniscas rojo moradas del Grupo Mitu y calizas de la Fm. Chambará. Tiene un rumbo de N-15°-O, con rumbo tipo dextral. A consecuencia de la estructura el Río Utcubamba cambia el cauce de O-E hacia a N-15°-E, coincidiendo con la trayectoria del Río Utcubamba.

Lineamiento Comboca

Es una estructura mayor de 30 Km.. que tiene dirección de sur a norte entre N-30°-O variando a N-50°-O, controla al Grupo Mitu y calizas de las fms. Chambará, Condorsinga y Corontachaca, asimismo lutitas y calizas de Fm. Aramachay.

Lineamiento Panamá I y II

Son dos estructuras paralelas que se desarrollan entre las progresivas 291+ 000 y 294+ 500 respectivamente, Panamá I tiene una longitud de 13 Km.. y movimiento sinistral; mientras Panamá II de 6 Km.. movimiento dextral, con una dirección de N-07°-10°-E y controla a las areniscas moradas del Grupo Mitu; asimismo el cambio brusco del cauce actual del Río Utcubamba en un tramo de 1 Km..

Lineamiento La Cascada

Se presenta en el Puente La Cascada con una longitud de 10 Km.. y dirección de N-10°-O, controla las brechas de la Fm. Corontachaca y calizas de la Fm. Condorsinga.

8.2.2 DISCORDANCIAS

En la margen derecha del Río Utcubamba frente a la progresiva 293+000 se observa claramente el contacto suprayacente de la Fm. Chambará sobre las areniscas del Grupo Mitu en “discordancia angular”.



Foto 17.- Discordancia angular de calizas de la Fm. Chambará sobre areniscas rojas del Grupo Pucará, en la margen derecha del río Utcubamba. Valle encañonado frente a la progresiva 293+00

8.2.3 SOBREESCURRIMIENTO

Se describe en la Progresiva 286+890, donde las areniscas rojo moradas del Grupo Mitu, ocasionan un sobreescurrecimiento de bajo ángulo, sobre las calizas de la Formación Chambará. No afectará a la plataforma.



Foto 18.- Sobreescurrecimiento de areniscas rojas del Grupo Mitu sobre la caliza de la Fm. Chambará en la progresiva 269+890 (G-11)

8.2.4 FALLAS

Las fallas consideradas en la zona de estudio tienen longitudes menores de 5 Km.. y se desarrollan con mayor cantidad en el bloque levantado cuyas dos direcciones predominantes son:

Primer Orden	:	N - 20°-30° - O
Segundo Orden	:	N - 25°-35° - E

La falla inversa de Aserradero es la estructura más importante que controla al área de estudio en el distrito de Aserradero, se divide en dos bloques: oriental (levantado) con relieve abrupto

y escarpado y occidental (hundido) con relieve suave ondulado. No representa mayor peligro para los taludes del trazo.

8.2.5 PLIEGUES

La mayor estructura tipo sinclinal se desarrolla en la cuenca de Bagua, el cual corresponde a sinclinal asimétrico con flancos de rocas Cretácicas, areniscas y calizas, mientras el núcleo corresponde a areniscas, lutitas rojas de la Fm. Chota.



Foto 19.- Zona muy difícil frente al poblado Pueblo Nuevo. El cambio de morfología corresponde al plano de falla inversa, ubicada próximo al poblado de Aserradero; al fondo rocas sedimentarias de las Fms. Chambará, Aramachay, Condorsinga, la parte suave corresponde a calizas y lutitas del Cretácico

Foto 20.- Fallamiento inverso; la parte derecha corresponde al bloque levantado del Triásico – Jurasico, mientras por la parte izquierda constituida por rocas cretácicas. Frente a la progresiva 278+585 a 278+650



8.2.6 FRACTURAS

El grado de fracturamiento es variable en todo el Sector, siendo las unidades con mayor intensidad en:

Complejo del Maraón.- Constituida por gneis siendo el grado de fracturamiento mala a muy mala, se describe en la progresiva 280+776.

Formación Chambará.- Algunos horizontes de calizas fracturadas de condiciones regular a malas, se observan generalmente en zonas donde el tectonismo fue intenso, Ej. Progresivas 296+560 a 297+500.

Grupo Mitu.- Principalmente los niveles pelíticos (lutitas, limolitas), llegando a mala a muy mala. Ej. 294+600 a 295+300. En la progresiva 293+400, se produce fallamiento de origen gravitacional, escalonada con regular fracturamiento.

Formación Chúlec.- Algunos horizontes de calizas margosas se caracterizan por su alto grado de fracturamiento. Ej. 272+950 a 273+107. Próximo al Puente Magunchal existe moderado fracturamiento en calizas ocasionado por corte de talud.

Formación Quilquiñán.- Por su misma composición litológica de lutitas y margas son bastante malas a muy malas para obras de ingeniería. Se observa desde la Caldera progresiva 266+000 hasta 269+900 y entre Pueblo Nuevo y Aserradero progresivas 274+900 a 277+000, respectivamente.

Formación Celendín.- Tiene características similares a la Fm. Quilquiñán, pero con mayor contenido de lutitas, limoarcillitas, margas y arcillas, los que hacen su mala calidad de cimiento para obras. Desde Puerto Naranjitos (255+000) hasta 265+500.

El rumbo de los estratos en el flanco sur-occidental del Sinclinal de Bagua es N60° a 75°-O con inclinación de 15° a 20° al NE, en algunos casos con pendientes favorables pero sin condiciones litológicas apropiadas. (Ej. Fm. Celendín, Quilquiñán).

En el lado oriental a partir de Aserradero, el rumbo de los estratos es variable a consecuencia de controles estructurales, pero sin embargo resalta un rumbo promedio de N70°-80°-O, con fuertes pendientes, en algunos casos pasando el límite permisible, ocurre generalmente en los valles encañonados.

9.0 HIDROGEOLOGÍA

9.1 GENERALIDADES

El proyecto se encuentra localizado sobre la margen izquierda del curso medio e inferior del Río Utcubamba. Esta región forma parte de la vertiente del Atlántico, presentando el patrón de precipitaciones y consecuentemente de descargas máximas un sesgo estacional típico.

Los daños en la carretera se originan por la ocurrencia de fenómenos hidrológicos y geodinámicos extremos, asociados tanto al flujo del Río Utcubamba (cambio de curso, socavación lateral y pérdida del pie de taludes), como a diversos tributarios de variadas superficies de cuencas colectoras (aluvión en el cauce del Río Tingo, arrastre de sólidos en quebradas secundarias y deslizamientos en ubicación de alcantarillas) y a la intensa infiltración de aguas pluviales en el terreno y/o bajo el pavimento.

En la zona del Proyecto se ubican tres estaciones meteorológicas, que cuentan con registros confiables de precipitación máxima en 24 horas: las estaciones Chachapoyas (1964 - 1999), Jamalca (1964 - 1999) y Leymebamba (1964 - 1989), operadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, la información de las cuales fue utilizada para Estudio.

9.2 PRECIPITACIONES

La evaluación y estimación de la precipitación máxima en 24 horas se muestra en el cuadro N° 9.1

Cuadro N° 9.1

Precipitación Máxima en 24 horas (mm)

CUENCA	Tr =100 años	Tr = 50 años	Tr = 25 años	Tr = 5 años
Jamalca	103.0	80.1	66.7	64.0
Chachapoyas	73.0	61.6	53.1	
Leymebamba	67.5	62.4	58.0	

Los Tiempos de Concentración se estimaron conforme al modelo propuesto por el Soil Conservation Service de los Estados Unidos de Norteamérica, en función del área, la longitud

máxima y la pendiente de la cuenca. La reducción de la precipitación máxima en 24 horas a precipitación máxima en el tiempo de concentración, mediante la aplicación del criterio de Hersfield y Wilson, asumiéndose la ocurrencia de 57% de la precipitación máxima en 24 horas en un periodo de 3 horas.

Los parámetros Básicos de las cuencas se presentan en el siguiente cuadro N° 9.2:

Cuadro N° 9.2

PARÁMETROS BÁSICOS DE CUENCAS

Cuenca	Progresiva	Área (Ha)	Long. Máxima	Pendiente (%)
CU (Río Utcubamba)		463,200	163.90	1.7
CP (Qda. Panamá)	260+195	580	5.30	15.3
CA (Qda. Arenal)	262+360	200	3.30	11.6
CLC (Qda. Caldera)	267+313	2230	11.50	15.0
CM (Río Magunchal)	273+528	80190	62.90	7.0
CT (Río Tingo)	288+812	5600	14.70	14.0
CQC (Qda. Capacín)	290+725	2210	7.00	15.0
CC (Qda. Cascada)	298+729	970	5.20	15.0

Las precipitaciones máximas para el tiempo de concentración de cada cuenca, empleadas en los cálculos de caudales de diseño, se presentan en el cuadro N° 9.3 mostrado a continuación:

Cuadro N° 9.3

Precipitación máxima en tiempo de concentración (mm)

Cuenca	Tr = 100 años	Tr = 50 años	Tr = 25 años
CU (Río Utcubamba)	86	78	70
CP (Qda. Panamá)	121	109	
CA (Qda. Arenal)	121	109	
CLC (Qda. Caldera)	120	108	
CM (Río Magunchal)	92	83	
CT (Río Tingo)	117	105	93
CQC (Qda. Capacín)	117	105	
CC (Qda. Cascada)	106	95	

Los valores de precipitación media mensual analizados únicamente para el cálculo del pavimento, para el período 1965 - 1969 en Jamalca y Chachapoyas, estaciones ubicadas en el área de influencia de la carretera en estudio, se muestran en la tabla siguiente:

Cuadro N° 9.4**Precipitación media mensual por estación (mm)**

ESTACIÓN	Jamalca	Chachapoyas	Leimebamba
Enero	44.1	81.1	(se encuentra en la cabecera de la cuenca del río Utcubamba, fuera del área de ubicación de la carretera)
Febrero	80.1	80.4	
Marzo	120.9	95.2	
Abril	82.8	78.9	
Mayo	63.7	44.8	
Junio	47.3	28.2	
Julio	33.3	24.5	
Agosto	20.3	15.6	
Setiembre	57.1	38.0	
Octubre	55.3	116.5	
Noviembre	86.8	64.8	
Diciembre	98.4	67.8	

9.3 CAUDALES

La estimación de caudales para la evaluación de las dimensiones de cunetas, zanjales de drenaje y otras estructuras menores de drenaje, se ha llevado a cabo mediante dos modelos de precipitación - escorrentía, de acuerdo con la extensión superficial de las cuencas involucradas: el modelo de hidrografía de Snyder para las cuencas de más de 10 Km.² y el modelo racional para las cuencas de superficie menor.

En ambos casos, la extensión de las cuencas colectoras se estimó previa identificación de los límites de las mismas en hojas de imágenes satelitales y de la carta geográfica nacional, a escala 1:100 000.

Para la estimación del coeficiente C_t , función de la pendiente, capacidad de retención y área efectiva de la cuenca, se estimó el tiempo de retardo conforme a las curvas propuestas por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de Norteamérica para las áreas de Arizona y Baja California, región montañosa, cuyas características se asemejan a las correspondientes a la región andina

En cuanto al coeficiente de pico C_p , considerando la escasez de la información disponible y/o posible de ser obtenida durante el período de ejecución del Estudio, que pudiera servir de base para el cálculo y/o calibración del coeficiente en cuestión, se asumió el valor de 0.90 para el mismo en todos los casos.

El criterio asumido para el Período de Retorno adoptados corresponden a 25 años para un período medio de recurrencia en los casos de análisis de niveles de inundación, a 100 años para los análisis de socavación, a 100 años para la verificación de tirantes en los cruces de puentes, a 50 años para los cruces de quebradas a ser atravesadas mediante alcantarillas y/o pontones y a 5 años para badenes.

Las estimaciones de caudales máximos de diseño que se presentan en las cuencas mayores a 10 Km² y en cuencas menores de 10 Km². Se presentan en el Cuadro N° 9.5

Cuadro N° 9.5

Caudales Máximos para Precipitación correspondiente al Tiempo de Concentración en Cuencas Mayores a 10 Km.²

CUENCA	PERIODO DE RECURRENCIA (años)	CAUDAL MÁXIMO DE DISEÑO (m ³ /s)
Cu (Río Utcubamba)	100	1603.0
Cu (Río Utcubamba)	25	1266.0
Cu (Río Utcubamba)	5	546.0
CLC (Qda. Caldera)	100	99.4
CM (Río Magunchal)	100	609.5
CT (Río Tingo)	100	166.6
CT (Río Tingo)	50	147.3
CT (Río Tingo)	25	117.2
CT (Río Tingo)	5	82.1
CQC (Qda. Capacín)	100	128.3
CC (Qda. Cascada)	100	57.0
CSN 3	100	110.4

Cuadro N° 9.6

Caudales Máximos para Precipitación correspondiente al Tiempo de Concentración en Cuencas Menores a 10 Km.²

CUENCA	PERIODO DE RECURRENCIA	CAUDAL MÁXIMO DE DISEÑO (m ³ /s)
CP (Qda. Panamá)	50	29.3
CA(Qda. Arenal)	50	13.8
CQH (Qda. Honda)	50	35.4

9.4 HIDRÁULICA FLUVIAL

El análisis morfológico general se centra en la estimación de los tirantes máximos probables y niveles de socavación del lecho en la ubicación de las estructuras principales y zonas expuestas a procesos de socavación lateral o inundación potencial.

9.4.1 ESTIMACIÓN DE TIRANTES MÁXIMOS

Los tirantes máximos de diseño del Río Utcubamba, calculados para las secciones transversales en sectores programados para obras de defensa ribereña, así como para los puentes ubicados en el sector analizado, se presentan en el cuadro N° 3.8

El flujo de la avenida máxima estimada para niveles apropiados de seguridad, debería discurrir en las obras de defensa ribereña con mas de 1.0m de borde libre por debajo de la coronación de los muros de las defensas ribereñas con la finalidad de cubrir la altura del oleaje propio del flujo turbulento. Para el análisis en puentes se ha considerado más de 1.50 m. de borde libre bajo las vigas, borde libre que se considera apropiado de acuerdo con la práctica universalmente aceptada. En el caso de las alcantarillas de marco, el tirante máximo corresponde a la carga mínima requerida para el paso del caudal de diseño.

Las características de los puentes en el tramo del estudio, son las siguientes:

Cuadro N° 9.7

CARACTERÍSTICAS DE PUENTES

Curso	Ubicación	Progresiva (Km.)	Longitud (m.)	Altura (m.)
Qda. Caldera	Puente Caldera	267+313	20.0	5.15
Río Magunchal	Puente Magunchal	273+528	38.4	4.50
Qda. Cascada	Puente Cascada	298+729	14.0	4.55
Río Utcubamba	Puente Corontachaca	298+938	25.0	12.0

9.4.2 ESTIMACIÓN DE SOCAVACIÓN POTENCIAL

Los valores de socavación, han sido estimados en base a la información topográfica, ensayos de suelos y cálculos de caudales, se presenta en el cuadro N° 9.9

Cuadro N° 9.8**TIRANTES MAXIMOS DE DISEÑO**

CURSO	UBICACIÓN	PERÍODO DE RECURRENCIA (años)	TIRANTE MÁXIMO DE DISEÑO (m)
Río Utcubamba	259+200 – 259+500	25	3.31
Río Utcubamba	259+900 – 260+500	25	2.82
Río Utcubamba	261+240 – 261+720	25	1.97
Río Utcubamba	262+000 – 262+680	25	1.91
Río Utcubamba	262+760 – 262+920	25	4.78
Río Utcubamba	263+340 – 263+400	25	4.35
Río Utcubamba	263+800 – 264+000	25	5.16
Río Utcubamba	264+300 – 265+080	25	3.80
Río Utcubamba	265+440 – 265+480	25	3.95
Río Utcubamba	266+700 – 266+900	25	3.76
Río Utcubamba	267+600 – 268+000	25	3.26
Río Utcubamba	268+450 – 268+650	25	3.02
Río Utcubamba	268+900 – 270+400	25	6.02
Río Utcubamba	271+200 – 271+400	25	5.55
Río Utcubamba	272+200 – 273+200	25	5.75
Río Utcubamba	273+700 – 273+850	25	4.92
Río Utcubamba	274+480 – 274+700	25	5.42
Río Utcubamba	275+000 – 275+200	25	3.25
Río Utcubamba	275+400 – 276+400	25	5.65
Río Utcubamba	276+650 – 280+080	25	3.74
Río Utcubamba	280+080 – 280+560	25	5.51
Río Utcubamba	282+200 – 282+440	25	4.15
Río Utcubamba	282+900 – 283+450	25	3.33
Río Utcubamba	284+200 – 284+550	25	4.08
Río Utcubamba	285+300 – 286+200	25	5.81
Río Utcubamba	286+350 – 286+850	25	3.65
Río Utcubamba	288+560 – 288+920	25	3.46
Río Utcubamba	289+570 – 290+070	25	5.07
Río Utcubamba	292+100 – 292+400	25	5.76
Río Utcubamba	293+180 – 293+260	25	8.14
Río Utcubamba	294+780 – 295+400	25	5.81
Río Utcubamba	295+700 – 295+850	25	4.68
Río Utcubamba	296+200 – 296+500	25	4.94
Río Utcubamba	296+900 – 297+000	25	8.14
Río Utcubamba	297+900 – 298+150	25	8.42
Qda. Caldera	Puente Caldera	100	1.50
Río Magunchal	Puente Magunchal	100	3.95
Río Tingo	Baden	5	0.55
Río Utcubamba	Puente Corontachaca	100	5.35
Qda. Cascada	Puente Cascada	100	1.55

Cuadro N° 9.9**PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN POTENCIAL**

Curso	Ubicación	Profundidad Socavación Potencial (m)	De
Río Utcubamba	259+200 – 259+500	1.22	
Río Utcubamba	259+900 – 260+500	1.52	
Río Utcubamba	261+240 – 261+720	1.36	
Río Utcubamba	262+000 – 262+680	1.42	
Río Utcubamba	262+760 – 262+920	1.83	
Río Utcubamba	263+340 – 263+400	1.75	
Río Utcubamba	263+800 – 264+000	1.67	
Río Utcubamba	264+300 – 265+080	1.66	
Río Utcubamba	265+440 – 265+480	2.34	
Río Utcubamba	266+700 – 266+900	2.67	
Río Utcubamba	267+600 – 268+000	2.76	
Río Utcubamba	268+450 – 268+650	1.29	
Río Utcubamba	268+900 – 270+400	1.79	
Río Utcubamba	271+200 – 271+400	2.77	
Río Utcubamba	272+200 – 273+200	1.99	
Río Utcubamba	273+700 – 273+850	1.52	
Río Utcubamba	274+480 – 274+700	2.00	
Río Utcubamba	275+000 – 275+200	1.20	
Río Utcubamba	275+400 – 276+400	2.06	
Río Utcubamba	276+650 – 280+080	1.39	
Río Utcubamba	280+080 – 280+560	1.72	
Río Utcubamba	282+200 – 282+440	2.03	
Río Utcubamba	282+900 – 283+450	1.89	
Río Utcubamba	284+200 – 284+550	1.79	
Río Utcubamba	285+300 – 286+200	2.21	
Río Utcubamba	286+350 – 286+850	1.52	
Río Utcubamba	288+560 – 288+920	1.49	
Río Utcubamba	289+570 – 290+070	1.77	
Río Utcubamba	292+100 – 292+400	2.48	
Río Utcubamba	294+780 – 295+400	2.03	
Río Utcubamba	295+700 – 295+850	2.69	
Río Utcubamba	296+200 – 296+500	1.89	
Río Utcubamba	296+900 – 297+000	2.02	
Río Utcubamba	297+900 – 298+150	1.98	
Qda. Caldera	Puente Caldera	0.80	
Río Magunchal	Puente Magunchal	1.75	
Río Tingo	Baden	No aplicable	
Río Utcubamba	Pte. Corontachaca	0 (Rocas)	
Qda. Cascada	Puente Cascada	0.60	

9.5 TIPOS DE FALLAS

Las fallas originadas por fenómenos hidrológicos corresponden a las siguientes categorías:

Socavación de talud inferior de la vía por ataque del Río Utcubamba.- La acción del río se ha producido, en su mayor parte, en sectores del río de planta curva donde la acción del flujo ha seguido los patrones típicos de socavación en la margen externa del cauce. Este tipo de socavación puede potencialmente generarse en todas las curvas del curso del río por lo que la protección integral del mismo resultaría excesivamente costosa y desproporcionada en relación a la función de la carretera.

Se ha registrado 34 intervalos de socavación actual con una longitud total de 17.2 Km..

En múltiples casos, la socavación se ha producido en sectores afectados por fenómenos geodinámicos (derrumbes, deslizamientos, descargas de sólidos de cauces tributarios, etc), lo que ha redundado en el incremento de la magnitud del fenómeno.

Destrucción del puente Tingo.- La estructura fue destruida por la acción del aluvión producido en la cuenca alta del Río Tingo, las huellas de cuyo paso son claramente identificables en las márgenes del río y que alcanzan alturas del orden de 6.0 m o más. Los análisis realizados, demuestran que la capacidad de descarga bajo el puente construido superará el tirante máximo probable de la avenida centenaria, por lo que la falla de la estructura respondió fundamentalmente a causas de origen geodinámico (huayco) que deben ser tomadas en especial consideración para el diseño de la nueva estructura de cruce.

Colmatación y/o destrucción de alcantarillas.- Se presentan los siguientes problemas en el sistema de drenaje transversal:

Colmatación de alcantarillas, por el volumen de sólidos arrastrado por los cursos comprometidos o por detritus provenientes de deslizamientos de los taludes adyacentes.

La capacidad de captación de parte de estas estructuras resultó insuficiente para las descargas líquidas y sólidas comprometidas causando el rebose sobre la plataforma de la carretera y la socavación y colapso en el extremo de aguas abajo de la estructura de cruce.

La magnitud de las obras existentes de protección de descarga ha resultado insuficiente para evitar la socavación regresiva en el extremo de las mismas, originando su colapso o poniéndolas en peligro potencial de destrucción, por esta razón se requiere su reforzamiento o rehabilitación.

La cantidad de las alcantarillas afectadas se presenta a continuación:

Cuadro N°9.10

Tipo de alcantarilla	Total	Tratamiento Necesario	
		Limpieza y Recuperación Parcial	Reemplazo
TMC 24"	1	-	1
TMC 36"	82	77	5
TMC 48"	35	24	11
TMC 60"	10	5	5
TMC 120"	1	1	-
TMC 135"	1	1	-
MCA	4	1	3

Cruces no protegidos .- Se han identificado algunos cruces de cauces menores o áreas de concentración de flujos, que carecen de estructuras de captación y descarga. En estas ubicaciones se han producido desbordes que han originado el deterioro de la plataforma de la carretera.

Funcionamiento de cunetas.- La sección de las cunetas longitudinales de recolección de escorrentía, previstas conforme al Proyecto, es adecuada para la captación y transporte de los caudales previsibles dentro del nivel de riesgo aceptado (período medio de retorno de 5 años), siempre que la distancia máxima entre alcantarillas u otras estructuras de cruce no sea mayor a 270 m.

Debe acotarse que, en algunos sectores actualmente afectados no se había completado la construcción de cunetas laterales, lo que originó el flujo de la escorrentía sobre la plataforma de la vía, causando deterioros en la superficie y socavación localizada de los taludes inferiores de la carretera.

Asimismo, sectores localizados de cunetas han sido deteriorados por derrumbes o deslizamientos de suelos. En algunos casos la destrucción de la sección de la cuneta ha sido total, favoreciendo la acumulación de agua en el pie del talud superior de la carretera y la saturación de las capas de la estructura del pavimento, así como el rebose sobre la plataforma de la vía, ocasionando o facilitando la ocurrencia de fallas en el pavimento.

Fallas de muros de contención- En varios intervalos los muros de contención han sido afectados o han fallado por rotación o deslizamiento debido a la socavación del talud inferior por el flujo del Río Utcubamba, por la acción de la carga hidrostática en la espalda del muro (generada por la falta de sistemas de drenaje posterior), por debilidad del suelo de soporte de los mismos o por una combinación de dos o más de esos factores, al mismo tiempo, es importante acotar que diversos muros de contención no han sido provistos de filtros y de drenaje adecuado de las aguas.

Asentamientos y/o fallas de la plataforma de la carretera.- Se presentan múltiples sectores afectados por asentamientos y/o fallas de diversa magnitud, facilitados por las siguientes causas:

- Saturación de las capas de la estructura del pavimento o del terreno de sub base por filtración desde el talud superior de la carretera o a través de grietas en el pavimento.

- Colapso o movimientos de los muros de contención correspondientes, por la inadecuada compactación del terreno.

Cunetas triangulares, en su mayor parte revestidas de concreto. Estas cunetas se encuentran deterioradas en diversos sectores, por causa de derrumbes o por asentamientos que han comprometido su sección o destruido el revestimiento. En algunos sectores, la construcción de cunetas longitudinales no ha sido completada.

El resultado del inventario de cunetas se presenta en el cuadro N° 3.11, siguiente:

Cuadro N° 3.11

Lado	Longitud (m.)	Buen estado(m)	Reemplazar(m)	Reponer
Derecho	23,980	21,609	1,345	1,026
Izquierdo	1,055	1,055	-	-
Total	25,035	22,664	1,345	1,026

Badenes y Puentes.- La carretera cuenta con un badén de concreto el cual ha sufrido daños por efecto de la socavación lateral del Río Utcubamba, que ha retomado un cauce antiguo en el sector, originando el desplome de las obras de protección de descarga del badén y la generación de una caída de significativa altura en el sector de salida de la estructura.

Ninguno de los cinco puentes ubicados dentro del tramo de carretera en estudio, presenta evidencias de socavación o colmatación significativa, excepto el puente Tingo, destruido por efecto de un aluvión originado en la cuenca superior del río del mismo nombre.

10.0 GEOTÉCNIA

10.1 INVESTIGACIONES GEOTECNICAS DE CAMPO

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), excavación de calicatas y ensayos en laboratorio.

10.1.1 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° 10-1

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE PERFORACIÓN

AVANCES	SUELOS	ROCAS
• Récord de perforación • Recuperación	• Clase de suelo • Composición Granulométrica • Humedad natural • Densidad • Materia orgánica	• 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

10.1.2 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 m. x 1.50 m.
Profundidad	:	1.50 m. 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° 10-4 se resume las calicatas ejecutadas y la relación de las respectivas muestras alteradas e inalteradas obtenidas.

10.1.3 TRINCHERAS

Se realizaron un total de 34 trincheras en taludes según las condiciones del terreno.

CUADRO N° 10-2

RELACIÓN DE PERFORACIONES DIAMANTINAS

ITEM	CÓDIGO DE SONDAGE	FENÓMENO GEOLÓGICO	PROFUNDIDAD MI		FECHA		DIÁMETRO 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°: 10-3

TRINCHERAS DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICAS

PROGRESIVA	CÓDIGO	m³
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

CUADRO N°: 10-4**CALICATAS DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICAS**

PROGRESIVA	CÓDIGO	PROFUNDIDAD
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

10.2 INVESTIGACIONES 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.

10.2.1 SUELOS

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

CUADRO N° 10-5

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.

10.2.2 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/cm³, 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 kg/ cm² y máximo 1,847 kg/cm².

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/cm³, Porosidad 1.3 %, Absorción 0.78 % y Resistencia a la Compresión 1,063 kg./cm² y máximo 1,847 kg/cm².

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/cm³ y Porosidad 9.4 % .

Lutitas de la Formación Celendín

Las rocas no alteradas se caracterizan con Peso Volumétrico 2.57 gr/cm³ , Porosidad 9.4 gr/cm³ y resistencia baja de 48 gr/cm²

10.3 INVESTIGACIONES GEOFÍSICAS

10.3.1 PARTICULARIDADES DE LA ZONA Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

La zona en estudio se ubica en la margen izquierda del Río Utcubamba, y está constituida por áreas críticas dentro de una franja de 40 Km. de longitud, entre la población de Puerto Naranjitos y el Puente Corontachaca, incluyendo la carretera y sus inmediaciones.

Complementariamente, la zona de estudio se amplió al sector de Puerto Motupe, donde se produjo un nuevo deslizamiento.

Desde el punto de vista geológico y geomorfológico, el trazo es perpendicular a la Cordillera Oriental y paralelo al curso de Río Utcumbaba, en él se distinguen dos sectores principales: en el primero, entre Puerto Naranjitos y la intersección con el curso del Río Magunchal, predominan depósitos cretácicos de las Formaciones Celendín, Quilquiñán y Chúlec, con presencia de calizas lutáceas y calizas margosas; en el segundo sector, que se extiende desde el Río Magunchal hasta el Puente Corontachaca y donde predominan taludes más pronunciados, se distinguen areniscas de los Grupos Mitu y Goyllarisquiza expuestas con lomas de depósitos coluviales superpuestos. Ambos sectores están sujetos a procesos erosivos, deslizamientos, hundimientos, etc., para cuyo control y prevención se hace necesario investigar la estructura del subsuelo, tanto en el trazo actual como en las áreas adyacentes de potencial inestabilidad.

En este contexto, sobre la base de la información geoelectrica obtenida y la información topográfica y de los sondeos mecánicos proporcionada por el cliente, se ha planteado como objetivos específicos del levantamiento geoelectrico:

Definir la estructura del subsuelo y la profundidad del basamento rocoso en los puntos y sectores críticos.

Delimitar la difusión horizontal de las capas geoelectricas identificadas.

10.3.2 MÉTODO DE PROSPECCIÓN

El método empleado en la exploración de la estructura del subsuelo, es el Método de Resistividades, a través de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), configuración Schlumberger. La longitud máxima de la línea de emisión (A-B), ha sido de 632 m, lo que ha permitido determinar el corte del subsuelo por debajo de los 100 m de profundidad.

La interpretación de las curvas de resistividades aparentes obtenidas en el campo se realizó mediante el método de analogía y comparación con curvas teóricas y por la resolución computarizada de los problemas directo e inverso con la ayuda del paquete de programas IPI-1D, Versión 7.5, que se utiliza bajo licencia del Departamento de Geofísica - Facultad de Geología de la Universidad de Moscú.

Mediante el Sondeo Eléctrico Vertical se determina, en la vertical, los límites de separación de capas del subsuelo con diferente resistividad eléctrica. Cuando se trata de depósitos sueltos, los valores de la resistividad son indicadores de su granulometría y del grado de mineralización del agua que contienen. Correlacionando los datos geofísicos así obtenidos, con los datos estratigráficos de las exploraciones mecánicas y demás información geológica disponible, es posible diferenciar las capas geoelectricas que conforman el perfil del subsuelo y la posición del basamento rocoso.

10.3.3 INSTRUMENTAL Y EQUIPOS EMPLEADOS

En la ejecución e interpretación de los Sondeos Eléctricos Verticales se utilizaron los siguientes instrumentos y equipos:

Milivoltímetro digital, con compensador de polarización y con resolución de medida hasta 0.01 mV, con error máximo de 0.05% + 2 dígitos;

Miliamperímetro digital, con resolución de medida de hasta 0.01 mA, con error máximo de 0.3% + 1 dígito;

Fuente de poder, conformado por bloque conmutable de baterías secas hasta 500 V;

Carretes con el cable emisor, cable receptor y electrodos;

Receptor de posicionamiento global por satélite;

Cartografía del IGN y del Cliente;

PC-Pentium II 400 MHz y software especializado;

02 Vehículos de apoyo.

10.3.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados del proceso de interpretación numérica de la curva de resistividades aparentes (registros de campo), a partir de los cuales se diferencian las distintas capas geoelectricas con sus respectivas resistividades reales (ρ), y espesores (h); se muestran para cada uno de los

puntos de sondeo en los 110 diagramas de interpretación anexos, y en resumen, en el Cuadro N° 1 (5 páginas).

Tomando como referencia estos datos, así como la distribución y agrupamiento de los 110 SEV ejecutados, se confeccionaron los cortes geoelectricos I-I a XXXVIII-XXXVIII, además de los perfiles de los SEV 71, 97, 98 y 99, en el sector Puerto Naranjitos-Puente Corontachaca; y el corte geoelectrico XXXIX con el perfil del SEV 110, en el sector de Puerto Motupe. Los detalles de la distribución de los SEV por cortes y perfiles geoelectricos con sus respectivas progresivas de referencia se muestran en el Cuadro N° 2. Así mismo, la distribución de los SEV puede observarse en el esquema de ubicación en planta, a lo largo del trazo, que se presenta como Esquema N° 1 (6 páginas).

Los detalles de cada corte y perfil geoelectricos se presenta en las 37 láminas anexas. En los dibujos de los cortes se han empleado la escala: 1:1000 tanto para la vertical como para la horizontal; sin embargo, en ciertos casos, se ha efectuado una adecuación arbitraria en la horizontal por razones de espacio. De igual modo, los espacios intermedios no cubiertos con SEV han sido estimados, con bastante aproximación, en base a la apreciación de la morfología de la superficie y la estructura de los SEV colindantes.

Del análisis de los cortes y perfiles geoelectricos indicados, se aprecia la existencia de estructuras cuya descripción geoelectrica generalizada, así como su probable atribución litológica, por tramos (desde el Puente Corontachaca hacia Puerto Naranjitos y Puerto Motupe), se presenta líneas abajo:

Descripción Generalizada de los Cortes Geoelectricos

Tramo de los cortes geoelectricos transversales I-I, II-II, III-III, IV-IV, IV'-IV', VV, V'-V', VI-VI, VIII-VIII, IX-IX, X-X, XI-XI, XII-XII, XIII- XIII, y longitudinal VII-VII, entre las progresivas 289+653 y 295+560

En este tramo, a lo largo de todas las secciones trasversales con declive S-N y de la sección longitudinal VII-VII con declive E-O, se ha determinado una estructura geoelectrica que corresponde a la presencia de depósitos sueltos de probable génesis coluvial y de espesor variable, con límite en la corteza fisurada del basamento rocoso. Su perfil típico presenta la siguiente descripción:

Capas geoelectricas superiores (iluminadas en color verde), con resistividades y **espesores** variables, atribuibles a depósitos arcillosos y areno arcillosos con inclusión de bloques y estratos gravosos aislados.

Capa geoelectrica intermedia (iluminada en color amarillo), con resistividades y espesores variables, que corresponderían a una mayor presencia de bloques y gravas con relleno arcilloso.

Capa geoelectrica inferior (iluminada en color rojizo), con resistividades y espesores variables, conformada probablemente por depósitos arcillosos con menor presencia de bloques y gravas.

Corteza del basamento rocoso, constituido probablemente por areniscas de los Grupos Mitu y Goyllarisquizza, con diverso grado de fisuramiento y fracturamiento.

En los casos de los cortes descritos en este tramo, el espesor máximo de los depósitos sueltos se presenta en el SEV 7 (39.0 m) y 24 (37.9 m), de las secciones I-I y IV-IV, respectivamente.

Tramo entre las progresivas 290+000 y 291+000, de los cortes geoelectricos longitudinal XXXVII-XXXVII; y transversal XXXVIII-XXXVIII, en el área del trazo de la carretera; y longitudinal XXXIV-XXXIV y transversales XXXV y XXXVI, en el área del cerro adyacente;

En este tramo, a lo largo de los cortes, se ha determinado una estructura geoelectrica que corresponde a la presencia de depósitos sueltos de probable génesis proluvial que yacen, generalmente sobre una capa de basamento fracturado. El perfil típico presenta la siguiente configuración:

Capas geoelectricas con resistividades de 22.2 a 650.0 ohm-m, y espesores variables; atribuibles a la presencia predominante de bloques, cantos rodados y gravas con relleno arenoso y areno arcilloso.

Capa geoelectrica con resistividades de 52.98 a 462.0 ohm-m, atribuible a la corteza del basamento con diverso grado de de fracturamiento.

Basamento con roca sana.

En el área investigada, el espesor máximo de los depósitos sueltos y de roca fracturada, se presenta en los SEV 84 (48.0 m) y 82 (30.0 m), de las secciones XIV-XIV y XV-XV respectivamente.

Tramo de los cortes geoelectricos transversales XIV-XIV y XV-XV, y longitudinal XVI-XVI, en el área de la quebrada Tingo

En este tramo, a lo largo de los cortes, se ha determinado una estructura geoelectrica que corresponde a la presencia de depósitos sueltos de probable génesis aluvial y proluvial que yacen, generalmente sobre el basamento fracturado. El perfil típico presenta la siguiente configuración:

Capas geoelectricas con resistividades de 56.1 a 489.0 ohm-m, y espesores máximos de 5-6 m; atribuibles a la presencia predominante de bloques, cantos rodados y gravas con relleno arenoso y areno arcilloso; saturadas de agua en la mayor parte de su espesor.

Capa geoelectrica con resistividades de 94.5 a 171 ohm-m, atribuible a la corteza del basamento con diverso grado de fracturamiento.

Basamento con roca sana.

En el tramo de la quebrada Tingo, el espesor máximo de los depósitos sueltos y de roca fracturada, se presenta en los SEV 39 (25.6 m) y 42 (23.8 m), de las secciones XIV-XIV y XV-XV respectivamente.

Tramo del corte geoelectrico longitudinal XVII-XVII y transversal XVIII-XVIII, en el área de la carretera erosionada entre las progresivas 287+560 y 287+885, y corte longitudinal XIX-XIX entre las progresivas 285+585 y 285+970

Al igual que en el área de la quebrada Tingo, en este tramo los cortes presentan una estructura geoelectrica que corresponde a la presencia de depósitos sueltos de probable génesis aluvial y proluvial que yacen, generalmente sobre el basamento fracturado. El perfil típico presenta la siguiente configuración:

Capas geoelectricas con resistividades de 92.9 a 800.0 ohm-m, y espesores máximos de 3.0 a 4.0 m, atribuibles a la presencia predominante de bloques, cantos rodados y gravas con relleno arenoso y areno arcilloso; saturadas de agua en la mayor parte de su espesor.

Capa geoelectrica con resistividades de 95.9 a 242.0 ohm-m, atribuible a la corteza del basamento con diverso grado de de fracturamiento. Esta capa no se evidencia en el caso del corte XIX-XIX.

Basamento con roca con bajo grado de fisuramiento.

En este tramo, el espesor máximo de los depósitos sueltos y de roca fracturada, se presenta en el SEV 44 (28.9 m) y 46 (25.5 m), del corte XVII-XVII.

Tramo de los cortes geoelectricos transversales XXI-XXI, XXII-XXII y XXIII-XXIII y longitudinal XX-XX, entre las progresivas 276+054 y 276+405; y cortes transversales XXV-XXV, XXVI-XXVI y XXVII-XXVII y longitudinal XXIV-XXIV, entre las progresivas 275+548 y 275+700

En este tramo, a lo largo de todas las secciones trasversales con declive S-N y de las secciones longitudinales XX-XX y XXIV-XXIV con declive E-O, se ha determinado una estructura geoelectrica que corresponde a la presencia de depósitos sueltos de probable génesis coluvial y de espesor variable, con límite en la corteza fisurada del basamento rocoso. A diferencia de los cortes considerados en el tramo del punto 5.1, en sus perfiles, por la disminución generalizada del valor de las resistividades, debe manifestarse una disminución notable de la inclusión de bloques y gravas, siendo evidente una mayor presencia arcillosa. Su perfil típico presenta la siguiente descripción:

Capas geoelectricas superiores (iluminadas en color verde), con resistividades y espesores variables, atribuibles a depósitos de bloques y gravas con relleno arcilloso y areno arcilloso. Entre estas capas es común la presencia de lentes predominantemente arcillosos.

Capa geoelectrica intermedia (iluminada en color amarillo), con resistividades y espesores variables, que corresponderían a una menor densidad de los bloques y gravas dentro del relleno arcilloso.

Capa geoelectrica inferior (Iluminada en color rojizo), con resistividades y espesores variables, conformada predominantemente por depósitos arcillosos.

Corteza del basamento rocoso, constituido probablemente por areniscas de los Grupos Mitu y Goyllarisquiza, con diverso grado de fisuramiento.

En los casos de los cortes descritos en este tramo, el espesor máximo de los depósitos sueltos se presenta en los SEV 70 (52.0 m), 57 (34.0 m) y 59 (33 m), de los cortes XXVI-XXVI, XXVII-XXVII, XXI-XXI y XXII-XXII. Por el contrario, los menores espesores se registran en los SEV 55 y 56 (5.0-6.0 m), del corte XXIII-XXIII.

Tramo de los perfiles geoelectricos de los SEV 71, 97, 98 y 99 y corte longitudinales XXVIII-XXVIII, entre las progresivas 264+960 y 273+105

La estructura geoelectrica en este tramo corresponde a la presencia de depósitos sueltos de probable génesis coluvial y de espesor variable, con límite en la corteza fracturada del basamento rocoso. Su perfil típico presenta la siguiente descripción:

Capas geoelectricas con resistividades y espesores variables, atribuibles a depósitos areno arcillosos y arcillosos con inclusión de bloques y gravas.

Corteza del basamento rocoso, cuya presencia, con profundización creciente, se explicaría por la cercanía del área que se define a partir de la intersección con el cauce del Río Magunchal.

En los casos de los cortes descritos en este tramo, el espesor máximo de los depósitos sueltos se presenta en el perfil del SEV 99 (100 m) y SEV 98 (53 m). En contraposición, los menores espesores se registran en el perfil del SEV 71 (11.0 m).

Tramo de los cortes geoelectricos longitudinales XXIX-XXIX, XXX-XXX, XXXI-XXXI, XXXII-XXXII y XXXIII-XXXIII, entre las progresivas 259+300 y 263+700; y tramo del perfil del SEV 110 y corte transversal XXXIX-XXXIX, en área de deslizamiento reciente próximo a Puerto Motupe

En estos tramos, a lo largo de los cortes longitudinales, se ha determinado una estructura que corresponde a la presencia de depósitos de probable génesis marina, probablemente asociados a la Formación Celendín. Su perfil típico presenta la siguiente descripción:

Capas geoelectricas con resistividades de 1.89 a 81.47 ohm-m, de espesor indeterminado, conformado principalmente por arcillas y margas con estratos de calizas fosilíferas interpuestas, a las que deben corresponder las mayores resistividades registradas en los perfiles.

En estos tramos no se han obtenido registros que puedan asociarse con roca sólida, como límite inferior de los depósitos sueltos.

En los tramos indicados, se ha explorado el subsuelo hasta profundidades de 150-200 m de profundidad, sin que se registren cambios respecto a la estructura descrita.

CONCLUSIONES GEOFÍSICAS

Del análisis de los resultados del estudio realizado, además de las referencias consultadas, se desprenden las siguientes conclusiones y recomendaciones:

Desde el punto de vista del objetivo del estudio, la estructura geoelectrica del subsuelo en el territorio investigado guarda correspondencia con la información geológica y estratigráfica

general de la zona; y ha permitido delimitar y detallar la naturaleza y extensión de los depósitos sueltos en las áreas señaladas como críticas.

Considerando que los presentes resultados provienen de la aplicación de un método geofísico indirecto, y como tal, es sólo uno de los elementos que apoyan la investigación geotécnica en general, es posible que la interpretación cualitativa y atributos asignados, pueda ser

10.4 RIESGO SÍSMICO DEL ÁREA DEL PROYECTO

10.4.1 GENERALIDADES

El territorio peruano presenta una gran actividad sísmica, por estar ubicada en el borde occidental de Sudamérica donde la placa oceánica de nazca esta siendo subducida por debajo de la placa continental sudamericana.

Durante su historia se han presentado en forma regular temblores y terremotos que han ocasionado la destrucción de centros poblados y pérdida de vidas humanas, en tal sentido en todo estudio geotécnico de ciudades necesariamente se tiene que evaluar la condición sísmica de la zona a fin de evacuar normas de diseño sismo-resistente.

El propósito de este segmento de estudio es describir los parámetros del movimiento del terreno en términos de aceleraciones máximas con información necesaria para posteriores estudio de microzonificación sísmica.

Los pasos normalmente seguidos son:

Determinar la sismisidad regional

Identificar las características regionales sismotectónicas

Estimar la atenuación de efectos sísmicos regionales

Estudiar mediante métodos probabilísticos las aceleraciones máximas esperadas para diferentes periodos de retorno

10.4.2 SISMISIDAD HISTÓRICA DEL ÁREA DE INFLUENCIA

Del análisis de la información existente se deduce que para el área de influencia existe poca información histórica.

Desde el siglo XVI hasta el siglo XIX solo se reportan los sismos sentidos en las principales ciudades existentes, indicando que dicha actividad sísmica no es totalmente representativa a continuación se describen los sismos más importantes ocurridos en el área:

26 de Noviembre de 1877, Chachapoyas sufrió los efectos de una recia sacudida de tierra.

28 de septiembre de 1906, se registra en Chachapoyas un sismo con una intensidad de VII Mm. Cuarteándose las paredes y desplomándose las moradas más antiguas.

14 de Mayo de 1928, ocurrió una notable conmoción sísmica con una magnitud de Mg. 7.3.

6 de Agosto de 1945, ocurrió un fuerte movimiento sísmico en Amazonas y San Martín, siendo destructor en Moyabamba.

19 de Junio 1968, recia sacudida con epicentro en la forma de San Martín Mg = 6.9

29 de Mayo 1990, terremoto en el alto mayo con epicentro en sur de Rioja Mg =6.0

A partir del 4 de Abril del 1991, terremoto en el nororiente con epicentro al NE de Moyabamba.

De los sismos ocurridos en el área de estudio, tienen mapa de isosistas los siguientes sismos:

14 de Mayo de 1928, 6 de agosto de 1945 y 19 de junio 1968.

Se concluye que de acuerdo de la historia sísmica del área han ocurrido en los últimos 400 años intensidades de hasta IX en la escala Mercalli modificada.

10.4.3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS SISMOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

La ubicación de los epicentros ha mejorado en tiempos recientes por lo que pueden considerarse los siguientes periodos en la obtención de datos sismológicos:

Antes de 1900	datos históricos descriptivos de sismos destructores.
1900-1963	datos instrumentales aproximados
1963-1991	datos instrumentales precisos

10.4.4 TECTÓNICA Y SISMOTECTÓNICA

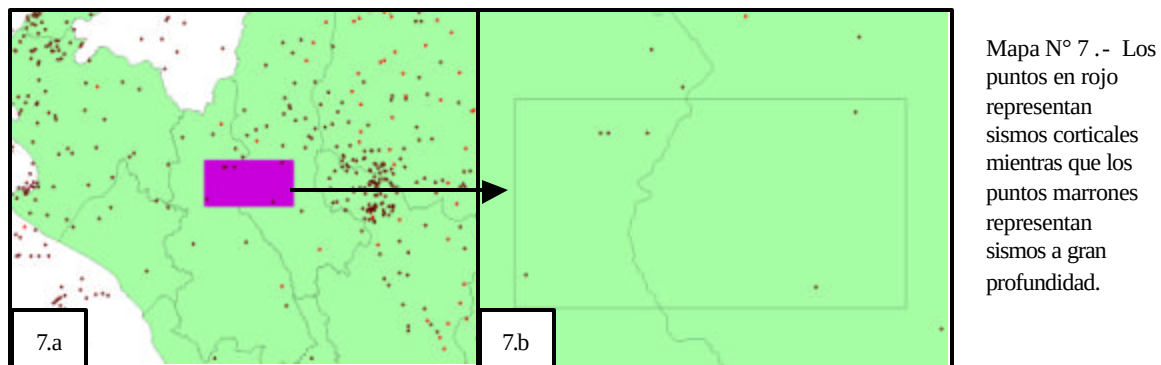
Los principales elementos de régimen sismotectónico peruano en la medida que afectan a la región en el área de estudio son:

Zona de subducción

Las fallas tectónicas continentales presumiblemente activa.

Los sismos en el área de influencia presentan el mismo patrón general de distribución espacial que el resto del territorio peruano es decir la mayor actividad sísmica se concentra en el mar, paralelo a la costa. Se aprecia la subducción de la placa de nazca ya que hacia el continente la profundidad focal de los sismos aumenta; también se producen sismos en el continente que son superficiales a intermedios y que estarían relacionados a fallas existentes. (Mapa N° 7^a a y b)

Los sismos en la zona de Benioff tienen propiedades locales superiores a los 100 Km.. Mientras que los continentales tienen profundidades focales menores a 50 Km..



Los principales rasgos tectónicos de la región occidental de Sudamérica como son la cordillera de los andes y la fosa oceánica Perú – Chile están relacionados con la alta actividad sísmica como una consecuencia de la interacción de dos placas convergentes cuya resultante mas resaltante precisamente es la Cordillera de los Andes.

Por su ubicación geográfica (6° 13' latitud Sur), el área de estudio, esta incluida en la sub. Zona Norte de Lima-Deflexión tectónica de Cajamarca. Que a su vez pertenece al Segmento Perú Central-Sur de Ecuador, donde el proceso de convección en el interior de la tierra origina la subducción de la Placa de Nazca debajo de la placa Sudamericana.

La placa Sudamericana crece de la cadena meso - oceánica del Atlántico, avanzando hacia el Nor Oeste con una velocidad de 2 a 3 cm. por año y se encuentra con la placa de Nazca en su extremo occidental, constituido por la costa sudamericana del Pacífico.

Por otro lado la placa de Nazca crece de la cadena meso- oceánica del Pacífico Oriental y avanza hacia el Este con una velocidad de aproximadamente 5 a 10 cm. por año, subyaciendo debajo de la Placa Sudamericana con una velocidad de convergencia de 7 a 13 cm. por año. La distribución espacial de los hipocentros confirma este fenómeno, aun cuando existe controversia debido a la ausencia sísmica entre los 300 y 500 Km.. de profundidad.

10.4.5 SISMO BÁSICO DE DISEÑO

La determinación de este evento está basado en un intervalo de recurrencia según se calcule o estime de los registros históricos sísmicos disponibles.

Aunque se puede incorporar algún grado de conservadurismo en la metodología, Particularmente cuando se trabaja en áreas de información limitada, el propósito del análisis es reflejar verdaderamente los intervalos de recurrencia con base en el conocimiento de lo ocurrido en el paso histórico.

El peligro sísmico puede evaluarse probabilísticamente con el método desarrollado por Cornell (1968). La primera parte consiste en una revisión de la actividad sísmica del pasado para determinar las fuentes sismogénicas considerando las características tectónicas de la

región. Luego se determina la recurrencia de las zonas sismogénicas y con la atenuación sísmica se determina los valores probables de intensidades sísmicas.

10.4.6 FUNDAMENTOS DEL ANÁLISIS DEL PELIGRO SÍSMICO.

El peligro sísmico se define por la probabilidad que en un lugar determinado ocurra un movimiento sísmico de una intensidad igual o mayor que un cierto valor fijado. En general, se hace extensivo el terreno intensidad a cualquier otra característica de un sismo tal como su magnitud, la aceleración máxima, el valor espectral de la velocidad, el valor espectral del desplazamiento del suelo, el valor medio de la intensidad Mercalli Modificada a otro parámetro.

La ocurrencia de un evento sísmico es de carácter aleatorio y la Teoría de las probabilidades es aplicable en el análisis del riesgo de su ocurrencia.

Aplicando esta teoría se puede demostrar que si la ocurrencia de un evento A depende de la ocurrencia de otros eventos: $E_1, E_2, \dots, E_n$, mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivos; entonces, de acuerdo al teorema de la "probabilidad total" se tiene para la probabilidad de ocurrencia de A:

$$P(A) = \sum_i^n P(A/E_i) P(E_i)$$

Donde $P(A/E_i)$ es la probabilidad condicional que A ocurra, dado que E_i ocurra.

La intensidad generalizada (I) de un sismo en el lugar fijado puede considerarse dependiente del tamaño del sismo (la magnitud o intensidad epicentral) y de la distancia al lugar de interés. Si el tamaño del sismo (S) y su localización (R) son considerados como viables aleatorias continuas y definidas por sus funciones de densidad de probabilidad.

$f_S(s)$ y $f_R(r)$ respectivamente; entonces el peligro sísmico definido por la probabilidad que la intensidad I sea igual o mayor que una intensidad dada, será: $P(I > i)$ y esta dada por:

$$P(I > i) = \iint P[I/(s, r) f_S(s) f_R(r)] ds dr$$

Esta es la expresión que resume la teoría desarrollada por Cornell (1968) para analizar el peligro sísmico. La evaluación de esta integral es efectuada por el programa de computo RISK. Desarrollado por R- Mc Guire (1976) en el calculo del peligro sísmico.

10.4.7 EVALUACIÓN DE FUENTES SISMOGÉNICAS.

Se ha utilizado las fuentes sismogénicas establecidas en el trabajo de zonificación sísmica del Perú de Casaverde y Vargas (1980).

El mapa 7.a presenta las fuentes sismogénicas aplicables al proyecto, según Casaverde y Vargas se ha mantenido la misma Nomenclatura de las zonas sismogénicas, utilizando solo

aquellas que tiene influencia en el área de la ciudad. El área de influencia esta limitada por latitud 2.00° S y 10.00° S longitud 73.00° O y 83.00° O las fuentes utilizadas se presentan en el mapa 7.b.

La determinación de las fuentes sismogénicas se ha basado en el mapa de distribución de epicentros, así como las características tectónicas del área de influencia. Se han presentado las fuentes como áreas, ya que no existen suficientes datos como para modelar fallas como fuentes lineales.

La mayor parte de los sismos ocurridos en el área considerada son producto de la interacción de las Placas de Nazca y Sudamericana, la placa de Nazca penetra debajo de la Sudamericana con ángulos variables.

La Placa de Nazca se profundiza a medida que avanza hacia el continente por lo que pueden distinguirse fuentes de litoral (E1 y E2) y fuentes continentales (F12, F18 y F21) Las fuentes del litoral tienen profundidades focales superficiales menores de 70 Km., las fuentes continentales de la zona de subducción se caracteriza por tener profundidades focales intermedias, mayores de 70 Km..

Las fuentes E11, E13, F17 y F20 están asociadas la sismisidad regional andina con profundidades superficiales de 70 Km.. Aún están asociadas a fallas activas.

10.4.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE RECURRENCIA

El catalogo instrumental de sismos es incompleto hasta 1963. Por lo cual se decidió revisar la información a partir de 1963 para la realización del análisis estadístico de recurrencia, La recurrencia de terremotos se determina de acuerdo a la expresión de Richter 1958).

$$\text{Log } N = a - bM$$

donde:

N = Número de sismos de magnitud M o mayor por unidad de tiempo.
a,b = Parámetros que dependen de la región.

La expresión anterior también se puede describir como

$$N = 10^B e^{BM}$$

donde:

10^B = Es el numero de sismo por unidad de tiempo con $M > 0$
 $B = b \cdot \ln 10$

Le segunda ley de atenuación de aceleraciones fue propuesta por Mc Guire (1974) para la costa Oeste de los Estados Unidos y ha sido empleada para las fuentes asociadas a sismos continentales. esta ley tiene la forma:

$$A = 472.10^{0.28m} (R + 15)^{-1.3}$$

Donde:

a = aceleración en cm/s^2
 MS = magnitud de las ondas superficiales
 R = distancia hipocentral en Km..

10.4.9 EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO

Se ha determinado el riesgo sísmico de la ciudad de Chachapoyas mediante la utilización de metodologías a información pertinentes disponibles en la literatura. Se ha utilizado el programa de computo RISK desarrollado por R. Mc Guire (1976) con fuentes sismogénicas y leyes de atenuación de Casaverde – Vargas (1980) y Mc Guire (1974) y de recurrencia sísmica de Arévalo (1984).

Las coordenadas geográficas investigadas fueron de 77.00° a 78.30° longitud Oeste y de 5.30° a 7.00° Sur con intervalos de 0.25° para cada punto en estudio se obtienen riesgos anuales de aceleración con tres corridas distintas, considerando las distintas leyes de atenuación sísmica. La figura N°1 presenta los resultados de las aceleraciones para el área estudiada.

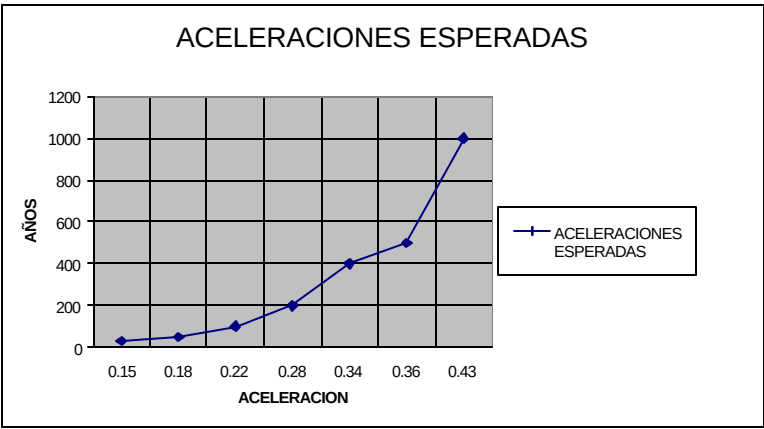


Figura N°1 Resultados de las aceleraciones para el área estudiada.

A continuación se presenta los resultados de aceleraciones esperadas para el área de la ciudad de Chachapoyas para diferentes periodos de retorno.

Aceleraciones máximas esperadas mm/seg^2)

PERIODOS DE retorno (Años)	ACELERACIONES (%g)	INTENSIDAD M-M
30	30	IV
50	70	V
100	150	VI
200	300	VII
400	700	VIII
500	1500	IX
1000	3200	X

10.5 ZONFIFICACIÓN GEOTÉCNICA

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 beige, 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:

Límite Líquido	:	46.80	
Límite Plástico	:	19.60	
Índice 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.

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

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.

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

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

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:

Ip	=	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.

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%
Ip	=	25.74%
Densidad Natural Seca	=	1.80 - 1.86gr/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	=	0.6kg/cm ²

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 Mitu, 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/cm ³
Humedad Natural	=	1 – 5 %
Compresión No Confinada	=	0.89kg/cm ²
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/m ³
Cohesión (Resistencia Drenada) c'	=	2 Tn/m ³
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/m ³
Cohesión (Resistencia Drenada) C'	=	2 Tn/m ³
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 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.

TRAMO VI.- Km.. 289+000 - 291+000

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

Es una ladera con pendientes promedio de 50° y 25 m de altura considerada como empinada. Litológicamente está compuesta por materiales sueltos coluviales areno-limoso, 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:

Ip	=	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

TRAMO VII.- Km.. 291+000 - 294+000

Se puede considerar como un tramo con características DIFÍCILES 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°	

$$c = 0$$

TRAMO VIII.- Km.. 294+000 - 296+000

En forma general todo el tramo se presenta con características geotécnicas 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	Kg/cm 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 deposito 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 depósito 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°

TRAMO IX.- 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 N° 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	
297+350 – 297+380	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.
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/cm ³
Para suelo Saturados	=	18	%
Compresión No Confinada	=	1.74	Kg/cm ²
Corte Directo			
ϕ	=	34.50°	
c	=	0.1	Kg/cm ²
Expansión Libre	=	0.7 – 5.0	%
Presión de Expansión	=	0.14 – 0.7	Kg/cm ²
Compresión Triaxial:			
ϕ	=	30.70°	
c	=	2.15	Kg/cm ²

10.5.1 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

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°: 10-2). 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° 10-2
PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

TRAMO	TIPO DE SUELO	FORMACIÓN GEOLÓGICA	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS			
			I_p (%)	f (°)	C (Kg / cm ²)	γ (Tm/m ³)
259+000 – 270+000	Arcilla	Fr. Celendín	26.32	4.90°	0.50	1.60
270+000 – 273+000	Arcilla	Fr. Quilquiñán y Fr. Chúlec.	19.37	6.20°	0.85	1.72
273+000 – 275+000	Arcilla gravosa	Fr. Quilquiñán y Fr. Chúlec	19.0	20°	0.50	1.70
275+000 – 276+000	Arcilla gravosa	Fr. Quilquiñán	25.74	20° - 24°	0.25 – 0.30	1.80
276+000 – 289+000	Grava arcillosa	Fr. Quilquiñán 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

10.6 CONDICIONES GEOTÉCNICAS DE LOS TALUDES EN EL TRAMO I

Km. 259 + 000 – Km. 270 + 000
Sector : Km. 260 + 820 – Km. 260 + 050

10.6.1.-CONDICIONES GEOTECNICAS GENERALES SECTOR NARANJITOS

Km. 260 + 640 – Km. 260 + 760
Km. 260 + 800 – Km. 260 + 940

El análisis de las condiciones geológicas y geotécnicas del área y el estudio de los procesos geodinámicos han determinado que la plataforma de la carretera en las progresivas determinadas ha sido construida sobre masas de suelos arcillo gravosos de moderadas pendientes saturados; de baja resistencias al corte que acondicionan la presencia de grandes deslizamientos activos y semiestables.

Las investigaciones mediante perforaciones rotatorias establecen que litogénicamente este tramo esta conformado por una secuencia con intercalaciones de margas, lutitas, limoarcillitas, grises y algunas calizas nodulares, en estratos delgados menores de 60 cm de grosor; que por efecto de la alteración y o erosión forman suelos arcillo – limosos de color pardo amarillento claro bastante erosionables que cubren las elevaciones del lugar. Así tenemos que en las Prog: 260 + 640 – 260 + 760 y Prog: 260 + 800 – 260 + 940 se encuentran conformados por material coluvial y de flujo producto de la descomposición por intemperismo de las lutitas de la Fm. Celendín material fácilmente erosionable que al contacto con el agua forma flujos de lodo. Por lo tanto el fenómeno se trata de deslizamientos tipo rotacional y de flujo, originados en condiciones de saturación.

Las investigaciones geológicas y geotécnicas establecen la presencia de flujos de agua que discurren en el subsuelo y que se ven seriamente incrementados en la estación de lluvias y excepcionalmente durante el Fenómeno de “El Niño”.

Teniendo en cuenta el desarrollo de un proceso de deslizamiento es posible los cálculos de los parámetros de resistencia que existen en la superficie de falla mediante un BACK ANALISIS considerando que el factor de seguridad $F S = 1$ y que el valor de la cohesión $C = 0$.

En dicho sentido los parámetros físicos y de resistencia de acuerdo a la composición granulométrica presenta alto contenido de la fracción limo – arcillosa (promedio 63.50 % y máximo 96 %) con Limite Liquido promedio de 46.80 %; con las siguientes propiedades físico mecánicas:

- Límite líquido	=	46.80	
- Límite plástico	=	19.60	
- Índice de plasticidad	=	26.32	
- CORTE DIRECTO:			
T	=	18° - 35°	
C	=	010 – 060	Kg/cm ²
- Compresión Triaxial			
- Fuera de la zona de falla			
T	=	19.90	
C	=	0.97	Kg/cm ²
- En la zona de falla			
T	=	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 – 0.8	cm/seg

Correlacionado los resultados obtenidos con suelos similares en otros proyectos, se considera que los parámetros físicos y que la resistencia de los suelos en el sector afectados por los agrietamientos son los siguientes:

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

10.6.2.-DEFINICIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE LA MASA DE SUELO Y ROCA

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

Alta gradiente de los taludes de suelos arcillo gravosos
Masas de suelos arcillo gravosos, saturados , de baja resistencia al corte.

En forma general el tramo se caracteriza por la presencia de grandes deslizamientos activos y semiestables los mismo que están comprendidos entre las progresivas: 260 + 640 – 260 + 760 y 260 + 800 – 260 + 940

Este tramo presenta en forma general condiciones geotécnicas muy difíciles, así tenemos:
Deslizamientos Km.s (260 + 640 – 260 + 760) y (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 Fm. Celendin, caracterizado por su naturaleza arcillosa, muy plástica, material fácilmente erosionable que en contacto con el agua forma fácilmente flujos de lodo.

Por tanto se trata de deslizamiento tipo rotacional y de flujo, formados en condiciones de saturación. El promedio de la pendiente de las taludes es tendida y de orden de los 15° a 18°, la parte baja y 24° en la parte superior.

El área afectada por los dos tramos tiene una longitud aproximada de 260 m originando el colapso de la plataforma vial por tanto la interrupciones serias son especialmente en las épocas de lluvias.

El análisis descrito esta sustentado por perforaciones de diamantinas (P – 22) y (P – 23) con muestreo continuo e inalterado, SEV – 76 y 77; cuyos resultados y secciones se observan en los anexos respectivos.

10.6.3 MODELOS GEOTÉCNICOS DE LOS DESLIZAMIENTOS

Km. (260 + 640 – 260 + 760) Y (260 + 800 – 260 – 940)

10.6.4 MODELO GEOTÉCNICO DEL DESLIZAMIENTO S – I

En el plano adjunto se presenta la sección que representa el modelo geotécnico del deslizamiento S – I que afecta entre los dos tramos una longitud aproximada de 260 m la misma que ha originado la destrucción y colapso de la carretera, mediante el desplazamiento integro del terraplén.

La masa en movimiento está conformada por el material de la Formación Celendín descompuesto por el intemperismo de las lutitas formando un material coluvial y de flujo caracterizado por su naturaleza arcillosa de gran plasticidad, fácilmente erosionable que en contacto con el agua de lluvias y escorrentias forma flujos de lodos. La presencia de agua

subterránea esta representada por manantiales que afloran en la superficie superior principalmente en las épocas de lluvias.

Se trata de un deslizamiento tipo rotacional y de flujo originados en condición de saturación, cuya superficie se extiende a través del contacto suelo basamento (¿?) aproximadamente entre los niveles 510 al 580 msnm.

10.7 CONDICIONES GEOTÉCNICAS DE LOS TALUDES EN EL TRAMO V

Km. 276 +000 – Km. 289 + 00
Sector: Km. 275 + 460 – Km. 275 + 400
Km. 276 + 00 Km. – Km. 276 + 100

10.7.1 CONDICIONES GEOTÉCNICAS GENERALES SECTOR ASERRADERO

El análisis de las condiciones geológicas y geotécnicas del área y del estudio de los procesos geotécnicos han determinado que la plataforma de la carretera en las progresivas señaladas ha sido construida sobre materiales conformantes de antiguos deslizamientos con una topografía variable dependientes conformadas por depósitos aluviales con estribos fuertemente empinados de roca.

La roca se presenta fuertemente alterada y fracturada por lo que es aplicable la presencia de zonas afectadas por desprendimientos de bloques cuyo tamaño es controlado por los tres sistemas de fracturas principales; se caracteriza por desarrollar laderas de fuerte pendientes a escarpada formada por roca y depósitos coluviales.

Los taludes rocosos están conformado por granito grueso, rosado, muy fracturado e intensamente alterado como entre las progresivas : (278 + 800 – 274 + 570) y (280 + 600 – 280 + 276) ; calizas de la Formación Chambará, entre las progresivas (280 + 060 – 280 + 740), (283 + 500 – 283 + 940) y (285 + 500 – 285 +650) que se presenta en estratos delgados a medios con dirección N 20° O y buzamiento 55° NE y conglomerados gruesos masivos muy resistentes.

Las investigaciones realizadas mediante perforaciones rotatorias han determinado que los suelos en su mayoría corresponde a gravas arcillosas y gravas limosas que se consideran han sido desplazadas desde los niveles superiores durante los eventos de deslizamientos anteriores, seriamente acondicionados al flujo de agua subterránea que alcanzan a la saturación y flujo del material fundamentalmente en la época de avenidas, lluvias ó fenómenos climáticos periódicos (El Niño).

Teniendo en cuenta el desarrollo del proceso de deslizamiento es posible los cálculos de los parámetros de resistencia que existe en la superficie de falla mediante un BACK ANALYSIS considerando que el factor de seguridad FS = 1 y que el valor de la cohesión C = 0.

Para este estado los parámetros de resistencia físicos teniendo en consideración que el contenido de gravases de 51%, arenas 30% y la fracción limo arcilla 19% con promedios son:

Densidad Natural Seca	=	1.76 gr /cm ³
Humedad Natural	=	1 – 5%
Compresión NO confinada	=	0.89 kg/cm ²
T	=	17.10°
C	=	0.15
Expansión libre.....	=	0.7 – 5%
Presión de Expansión.....	=	0.14 – 0.7 kg/cm ²

Por lo tanto y por comparación a igualdad de resultados de ensayos de resistencia identificados con suelos similares se considera que los parámetros que se obtienen son los siguientes:

Densidad Natural (γ_n)	= 1.8 Tn/m ³
Cohesión (Resistencia Drenada) C'	= 2.0 Tn/m ³
Ángulo de Fricción (Resistencia Drenada) ϕ'	= 26°

10.7.2 DEFINICIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE LA MASA DE SUELO Y ROCA

De lo expuesto queda establecido que los principales factores que ocasionan las fallas de los taludes son:

Presencia de Suelos Arcillosos Saturados, de baja resistencia durante los períodos de lluvias.
Taludes de fuerte pendiente en los suelos arcillosos saturados

Este tramo se encuentra afectado por dos grandes deslizamientos:

Deslizamiento Km. 275 + 460 – 275 + 740. Conformado por material coluvial – arcillo limosos afectando una longitud de 300 m, es de tipo rotacional y la altura aproximada de la pendiente de 60m .

El deslizamiento ha causado la destrucción total de la carretera originando hundimientos de los sectores adyacentes.

El análisis respectivo está sustentado por dos perforaciones diamantinas (P – 18) y (P – 19) con muestreo continuo e inalterado, SEV, etc cuyos resultados y secciones se pueden observar en los anexos respectivos.

Deslizamiento Km. 276 + 100 – 276 + 160 corresponde a un deslizamiento tipo rotacional de material coluvio – arcillo limoso con inclusiones de grava y fragmentos rocosos mayormente angulosos y de naturaleza calcárea.

El talud promedio es de 15° la altura es de 50 m y la longitud afectada de 150 m.; este fenómeno ha causado el asentamiento y desplazamiento como la destrucción de la carretera.

El sustento del análisis e interpretación geotécnica respectiva se ha efectuado mediante la ejecución de dos perforaciones diamantinas (P – 16) (P – 18) calicatas y SEV, cuyas secciones y resultados pueden apreciarse en los anexos respectivos.

10.7.3 MODELOS GEOTÉCNICOS DE LOS DESLIZAMIENTOS

Km. 275 + 460 – 275 + 740 (ASERRADERO - S -II) Y Km. 276 + 100 – 276 +160 - S-III

10.7.4 Modelo geotécnico del deslizamiento S – II

En el plano adjunto se presenta la sección que representa el modelo geotécnico del deslizamiento S – II que afecta el talud en el que se funda la plataforma de la vía.

La masa de suelos está conformada por un material coluvio - arcillo limoso con elevado contenido de humedad por presencia de agua de infiltración producto de la lluvia y manantiales que se encuentran en los niveles superiores.

La superficie del deslizamiento se extiende a través del contacto suelo basamento de roca, aflorando aproximadamente en las cotas 640 y 720 m.s.n.m

10.7.5 Modelo geotécnico del deslizamiento S III

Km.. 276 +100 – 276 + 160

En el plano adjunto se muestra la sección que representa el modelo geotécnico del deslizamiento S – III que afecta el talud superior, inferior y subsuelo de la plataforma de la carretera.

La masa de suelo y roca que se desliza corresponde a un material coluvio – arcilloso limoso con inclusiones de grava y fragmentos rocosos, mayormente angulosos y de naturaleza calcárea, de elevada humedad natural, conformando capas de bajas resistencia; estos factores desestabilizantes se ve aun incrementados por la presencia de un regular nivel freático en épocas de avenidas o lluvias extraordinarias.

La superficie del deslizamiento se extiende a través del contacto suelo basamento y accidentalmente por falta de soporte lateral como consecuencia de la erosión del pie del talud por caudal del Río Utcubanba. Los niveles afectados fueron entre los 620 y 800 m.s.n.m

10.8 CONDICIONES GEOTÉCNICAS DE LOS TALUDES EN EL TRAMO VII

KM.. 289+000-KM.. 295+850
SECTOR ÑUL : KM.. 289+000-291+000

10.8.1 CONDICIONES GEOTECNICAS GENERALES: SECTOR ÑUL

Del análisis de las condiciones geológicas y geotécnicas del área y del estudio de los procesos geodinámicos se ha determinado que se trata de un tramo Muy difícil. Las laderas se presentan con fuertes pendientes de 50°, 60° y hasta 70° con alturas de 25 a 50 m .

Litológicamente esta compuesto por materiales sueltos coluviales subangulosos, areno limosos, con inclusiones de bloques rocosos grandes y grava subangulosas.

Se presentan numerosos tramos con inestabilidad en los taludes de corte como en el talud inferior; así como tramos con problemas de erosión fluvial.

Los taludes rocosos están conformadas por roca del Grupo Mitu constituida por arenisca de grano grueso a fino, en estratos gruesos y delgados, con dirección promedio de N15°-20°O y un buzamiento de 10° hasta 25° NE en dirección hacia el cauce del río (Desfavorable al corte de la explanación).

Los suelos se clasifican como gravas arcillosas GC y gravas limosas GM con mediano contenido de la fracción limo-arcilla (10 a 20%) y presentan las siguientes características:

Índice en Plasticidad (IP).....=12% - 13.36%
Densidad Natural Seca.....=1.94 gr/cm³ - 1.00kg/cm³
Humedad Natural.....=12.9% - 2.18%
Corte Directo :
T = 47° - 40.76°
C = 0.75 kg/cm² - 2.06kg/cm²
Ensayo Triaxial
T = 26.10° - 30.70°
C = 015 - 2.18 Kg. /cm².

En consecuencia en este sector se desarrollan grandes deslizamiento antiguos reactivados (recientes) que tienen su inicio sobre los niveles 1240 , 980 y 700 m.s.n.m estos fenómenos forman grandes circos cóncavos conformados por materiales coluviales con elementos heterométricos de arenisca de color morado. El plano de falla generalmente se ubica en el contacto del depósito coluvial y las areniscas del Grupo MITU.

También se observa la presencia de deslizamiento tipo flujo formados en los sectores de suelos sueltos que por saturación ha ocasionado pérdida de plataforma de la carretera.

10.8.2 DEFINICIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE LA MASA DE SUELO Y ROCA

De lo expuesto se establece que los principales factores que ocasionan la falla de los taludes son:

Presencia de materiales coluviales con bloques heterométricos de arenisca color morado
Presencia de saturación de los suelos
Presencia de fuerte inclinación de los taludes que superan hasta los 50° - 60°
Este tramo está afectado por una serie de deslizamientos de los cuales se ha seleccionado el:

- DESLIZAMIENTO Km. 290 + 100 – 290 + 240. Conformado litológicamente por materiales sueltos coluviales areno limosos afectando una longitud de 120 m; es de tipo rotacional, la inestabilidad que presenta es igual tanto para los taludes de corte como en el inferior. De igual forma ofrece tramos con problema de erosión fluvial.

Este fenómeno ha producido la destrucción de la plataforma de la carretera mediante el desplazamiento y hundimiento de los sectores adyacentes.

El análisis respectivo está sustentado por la perforación diamantina (P – 7), con muestreo continuo e inalterado, SEV – 87, SEV – 89, etc. cuyos resultados y secciones transversales se pueden observar en los anexos correspondientes.

- DESLIZAMIENTO Km. 289 + 762 – 289 + 600. Conformado litológicamente por materiales sueltos de relleno, constituidos por gravas finas de 1 a 3 cm de diámetro arenosas ligeramente limosas y poco compactas; para variar a gravas limosas arcillosas, ligeramente arenosa con elementos angulosos de 5 a 7 cm. Los limos son ligeramente plásticos se saturan fácilmente son blandos y de color marrón; este horizonte aproximadamente entre los 13.0m a 30.0m varía su conformación con la presencia de bolones y bloques fracturados con matriz de grava y fino arcilloso de origen sedimentario, areniscas duras. De los 30m a 33m se presenta las gravas limpias arenosas con bolones redondeados de 40 cm de diámetro aproximadamente; para finalmente a los 33m encontrar el basamento rocoso conformado de arenisca de gramo medio a grueso, color rosado; roca muy alterada y fracturada.

Este deslizamiento ha producido el colapso de la plataforma mediante el desplazamiento del talud tanto por las condiciones de inestabilidad de estos como por problemas de erosión fluvial. El sustento del análisis correspondiente se presenta con el perfil de la perforación diamantina (P – 8), SEV – 33, 34, 35, 36 y secciones transversales que se adjunta en los anexos correspondientes.

10.8.3 MODELOS GEOTÉCNICOS DE LOS DESLIZAMIENTOS

Km. 290+100 – 290 +240 (S – IV) SECTOR ÑUL Y Km. 289 +762 – 289 + 600 (S – V)

Modelo Geotécnico del deslizamiento (S – IV)

Km. 290 + 100 – 290 + 240 (Sector ÑUL)

En el plano adjunto se muestra la sección que representa el Modelo Geotécnico del deslizamiento S - IV que afecta al talud superior, inferior y subsuelo de la plataforma de la carretera. La masa del suelo y roca que se desplaza corresponde un material coluvio – limo – arcilloso con inclusiones de gravas y fragmentos rocosos, mayormente angulosos de naturaleza areno limosa proveniente de la Grupo Mitu, de escasa resistencia, factor que se incrementa con el aumento de la humedad en periodos de lluvia; que aunado a los procesos de formación del lecho del Río Utcubamba originados por su dinámica fluvial y al buzamiento predominante desfavorable de los estratos de roca en relación al talud de corte de la plataforma condicionan su desplazamiento.

La superficie del deslizamiento se extiende a través del contacto suelo basamento tanto por falta de soporte lateral en los sectores de pie de talud como por erosión ocasionada por el Río Utcubamba.

Modelo geotécnico del deslizamiento S – V **Km. 289 + 762 – 289 + 600**

En el plano adjunto se presenta la sección que representa el modelo geotécnico del deslizamiento S – V que afecta a la masa de suelo y roca que se desplaza conformada por material de relleno de características variables de gravas arenosas de escasa compactación de elementos granulares angulosos de 1 a 3 cm color gris con presencia de un horizonte conformado por arena limoarcillosa con finos de plasticidad media para cambiar a un material de bolones y bloque fracturados con matriz de gravas y limo arcilloso, los elementos gruesos varían de 15.0 cm a 60.0 cm de diámetro de origen sedimentario (areniscas duras) hasta una profundidad de 33 m en que aparece el basamento rocoso conformado por una arenisca de grano medio a grueso, muy oxidada y fracturada; superficie sobre la cual se produce el deslizamiento de tipo rotacional; fenómeno que es acondicionado por la fuerte inclinación de los estratos desfavorable al eje de explanación de la plataforma vial. En este sector como en el anterior la plataforma también es afectada por erosión del pie de talud por el Río Utcubamba.

11.0 CONCLUSIONES

Se ha determinado que el sector del estudio se ubica en las estructuras geológicas de la Cordillera Oriental tipo plegamiento (Sinclinal de Bagua con orientación SE – NO), afectadas por fallas tectónicas, entre las cuales la de mayor importancia presenta lineamiento regional que cruza el valle del Río Utcubamba en el sector Aserradero-Magunchal (coincide con la dirección del Río Magunchal) y determina la existencia de dos bloques geológicos regionales Oriental y Occidental.

Bloque Occidental .- En este bloque se ubica la parte del sector comprendido entre Naranjitos y Río Magunchal, se presentan depósitos de baja litificación y baja resistencia, de las Formaciones Celendín y Quilquiñán (arcillas , lutitas , limonitas) las cuales en la zona de alteración e intemperismo forma suelos de alta plasticidad, poco resistentes, expansivos y fácilmente erosionables. Los estratos tiene inclinación hacia el cauce del Río Utcubamba , lo cual forma un valle muy ancho y con amplia presencia de material aluvial gravo – arenoso y con numerosos meandros.

Bloque Oriental: En este bloque se ubica parte del sector comprendida entre Magunchal y Corontachaca. Se presentan rocas de alto grado de litificación y de mayor resistencia tales como areniscas, conglomerados y calizas (Grupo Mitu ,Pucara y Goyllarisquisga) con inclinación de capas y estratos hacia el río. Se presentan grandes depresiones en macizos rocosos rellenos con material coluvial. Los valles de los ríos y quebradas son profundos, de laderas empinadas y en algunos tramos de tipo cañón.

En el sector del estudio se presentan procesos geodinámicos de gran magnitud cuyo desarrollo está determinado por factores naturales entre los cuales como principales se mencionan los siguientes:

Estructura Geológica.-Específicamente se refiere al buzamiento de estratos y capas con dirección NE – desde la margen izquierda, donde se ubica la carretera hacia el río, lo que posibilita la inestabilidad de la ladera izquierda

Carácter de los depósitos geológicos, los depósitos mas desfavorables son los de las Formaciones Celendín y Quilquiñán, que determinan la posible inestabilidad de las laderas y taludes; otro tipo de depósitos desfavorables desde el punto de vista de la inestabilidad de taludes son los depósitos coluviales de las depresiones en macizo rocoso.

Erosión fluvial del Río Utcubamba.- Relacionada con la dinámica fluvial, el carácter de material del lecho y bordes; predominado la erosión de la margen izquierda del Río Utcubamba (margen occidental)

La coincidencia de estos factores determina las siguientes formas de los procesos geodinámicos en dos estructuras geológicas regionales :

En el **Bloque Occidental**, la coincidencia de los tres factores geodinámicos principales ha determinado el desarrollo de deslizamientos tipo corte y tipo flujo a todo lo largo de la margen izquierda del Río Utcubamba en una zona con ancho hasta de 1.0 Km.. Se presentan deslizamientos activos y actualmente semiestables, los últimos con el tiempo pueden

activarse, lo que se confirma con los deslizamientos formados en el periodo de lluvias de Diciembre 1999 a Mayo del 2000 en Km.266 y en Km. 241 (Puerto Motupe).

En el **Bloque Oriental**, en los tramos de rocas competentes la existencia de dos factores principales como estructura geológica (inclinación desfavorable de los estratos y capas) y erosión del río, determinan el desarrollo de procesos locales y de magnitudes limitadas, tipo escombros, derrumbes, caída de bloques. En los intervalos que corresponden a las depresiones rellenadas con material suelto (coluvial) y que forman una parte menor del tramo, se presenta la coincidencia de los tres factores geodinámicos principales, lo que determina la formación de los deslizamientos de grandes magnitudes actualmente activos o semiestables . La actual activación se presenta como consecuencia de las condiciones formadas en su mayor parte en el periodo EL Niño 1998 y aumentadas hasta un punto crítico con las intensas lluvias del año 1999-2000. Los futuros periodos de EL Niño, podrían generar nueva activación de deslizamientos. El mismo efecto puede dar ocurrencia de un sismo (Según las Normas Técnicas de Edificaciones E.030, “Diseño Sismorresistente”, el área del Proyecto corresponde a la Zona 2 que se caracteriza con factor $Z = 0.3$ g.)

Considerando las condiciones geotécnicas como la suma de aspectos de mecánica de suelos y de rocas, el sector de estudio puede zonificarse en la siguiente forma (ver plano ZG-01):

Tramo Km.. 259 - 270.-Se caracteriza por las condiciones geotécnicas muy difíciles, extensión de las Formaciones Celendin y Quilquiñán y amplia presencia de deslizamientos actualmente activos y semiestables. Los últimos pueden activarse con el tiempo. Se presenta numerosas deformaciones locales: erosión de riberas, inestabilidad de taludes, asentamiento de pavimentos, deformaciones de muros de contención, destrucción de alcantarillas, etc.

Tramo Km..270 – Km.. 299. – En su mayor parte corresponde al Bloque Oriental donde se presentan intervalos de dos tipos:

a. Intervalos de condiciones regulares y difíciles.

Se caracterizan por la extensión de las formaciones geológicas competentes, el desarrollo limitado de procesos geodinámicos y la presencia de deformaciones de carácter local. Los intervalos con estas condiciones geotécnicas son:

Regular	Difíciles
Km.. .270 + 000 – 271 + 000	Km..271 + 000 – 272 + 900
Km.. 280 + 000 – 285 + 000	Km.. 273 + 100 – 275 + 400
Km.. 286 + 000 – 287 + 000	Km.. 276 + 300 – 280 – 000
	Km.. 285 + 000 – 286 – 000
	Km.. 287 + 000 – 288 + 900
	Km.. 291 + 200 – 294 + 300
	Km.. 296 + 800 – 299 + 000

b. Intervalos en condiciones muy difíciles

Corresponden a la menor parte del tramo, relacionado con depresiones tectónicas rellenadas con material suelto, que se caracterizan por la extensión de grandes deslizamientos existentes activos y semiestables; los últimos pueden activarse en el futuro con el desarrollo de las erosiones fluviales y pluviales, con la ocurrencia de sismo, con la actividad humana, etc. Estos intervalos son:

Muy Dificiles

Km.. . 272 + 900 – 273 + 100

Km.. . 275 + 400 – 276 + 300

Km.. . 288 + 900 – 291 + 200

Km.. 294 + 300 – 296 – 800

12.0 CRITERIOS Y CONSIDERACIONES EN EL FUTURO.

Los deslizamientos pueden ser corregidos o controlados por una o varias combinaciones de los cuatro principios (medidas) fundamentales siguientes:

a) Drenaje, b)Remoción, c)Contención, d)Reubicación; además supletoriamente se pueden complementar con acciones como el grouting, estabilización química, el helado, calentamiento, vegetación (recubrimiento, reforestación) explosivos, electroósmosis, etc.

La medida seleccionada en la mayoría de las veces esta largamente dependiente del costo, del tipo de falla, calidad del material, ubicación de la falla, potencia o magnitud del fenómeno, etc. en realidad estas condiciones son las que ordenan el método a ser empleado.

También existe un número de niveles de eficacia y niveles de aceptabilidad que se pueden aplicar en el uso de estas medidas; por que mientras un deslizamiento pueda requerir una inmediata y absoluta corrección a largo plazo, otros sólo pueden necesitar un control mínimo para un plazo corto. Sin embargo la medida seleccionada y cualquiera que sea el nivel requerido de efectividad el ingeniero Geotécnico debe también considerar que puede tratar el problema como en el primer caso. Debe tenerse presente de acuerdo a la experiencia que mientras un beneficio pequeño se consigue resolviendo de forma inmediata los problemas pueden alcanzar grandes beneficios en soluciones similares en el futuro.

Por lo tanto el drenaje es la principal medida empleada en la reparación de deslizamientos con la remoción (eliminación) y la modificación del perfil del talud (inclinación) por corte y/o relleno como en el segundo método mas usado. Este trabajo es el de menor costo de las cuatro soluciones de mayor categoría; por lo tanto obviamente este es el por que de ser el mas usado.

También se puede señalar por experiencia que mientras una medida de solución puede ser dominante unas reparaciones de deslizamientos involucran el uso de la combinación de dos o mas combinaciones de mayor categoría; así por ejemplo mientras que el "**confinamiento** " puede ser la medida principal usada para corregir un deslizamiento en particular el **drenaje y la remoción** de cierto grado de material son necesarios y siempre utilizados. Similamente cuando la "**remoción** " es la medida dominante, el drenaje puede ser indicado a lo largo de algún tipo de control de erosión, el recubrimiento, la reforestación, etc.

Como ampliamente se ha indicado el estudio de las condiciones de estabilidad de la carretera han determinado la presencia de dos tipos principales de deformación relacionados con su magnitud así:

- Deformaciones locales tipo inestabilidad de talud superior e inferior, erosión de riveras (por socavación del pie del talud inferior), asentamientos y destrucción de la plataforma, daño del sistema de drenaje (cunetas, alcantarillas, etc).
- Grandes deslizamientos activos y estabilizados; los cuales pueden ser activados por el desarrollo por la erosión fluvial de riveras (socavación del pie del talud inferior), cambios de estado de suelos y rocas por saturación y/o erosión pluvial de laderas, factores hidrodinámicos y/o ocurrencias de sismo de gran magnitud.

La presencia de estos dos tipos de deformaciones han determinado la necesidad de la proyección de dos tipos principales de dos obras correctivas:

- Obras De Carácter Puntual para superar los problemas relacionados con deformaciones locales.
- Obras De Carácter Continuo que son medidas de orden mayor que contemplan superar los problemas relacionados con los deslizamientos activos, deslizamientos actuales semiestables, incluyendo las obras de protección de la margen izquierda del Río Uctubamba contra la erosión fluvial.

13.0 OBRAS CORRECTIVAS A LOS PROBLEMAS GEOTÉCNICOS Y GEODINÁMICOS.

La evaluación de la condiciones geológicas y geotécnicas ha permitido seleccionar tres sectores:

- Sector Naranjitos.- Km. 259 + 000 – Km. 270 + 000. MGD-S-I
- Sector Aserradero.- Km. 276+ 000 – Km. 289 + 000. MGD-S-II; MGD-S-III
- Sector Ñul.- Km. 289 + 00 – Km. 295 + 00. MGD-S-IV; MGD-S-V

Dentro de los cuales se ha tomado cinco modelos de obra como solución para obtener la estabilidad de los taludes superior, inferior y plataforma de la carretera; por corresponder este tipo de problema a la generalidad (repetición) a lo largo de la vía por lo que a continuación se describen como modelo de solución a los mismos:

CONDICIONES GEOTÉCNICAS DE LOS TALUDES Y MODELO GEOTÉCNICOS DE LOS DESLIZAMIENTOS

TRAMO: Km. 259 + 000 – Km. 270 + 000.
SECTOR NARANJITOS.

Km. 260 + 640 – Km. 260 + 760 - Km. 260 + 800 – Km. 260 + 940. MDG-S-I

TRAMO: Km. 276+ 000 – Km. 289 + 000
SECTOR ASERRADERO.

Km. 275 + 460 – Km. 275 + 740.

MDG-S-II

Km. 276 + 100 – Km. 276 + 160.

MDG-S-III

TRAMO: Km. 289 + 000 – Km. 295 + 850
SECTOR ÑUL.

Km. 290 + 000 – Km. 290 + 240

MDG-S-IV

Km. 289 + 762 – Km. 289 + 600

MDG-S-IV

TRAMO: Km. 294 + 630 – Km. 295 + 850

SECTOR. Km. 295 + 000 – Km. 294 + 320

SECTOR. Km. 295 + 020 – Km. 295 + 480

SECTOR. Km. 295 + 500 – Km. 295 + 920

ESTRUCTURAS DE CONTENCION

Las estructuras de contención de tierras se pueden clasificar en dos grandes grupos

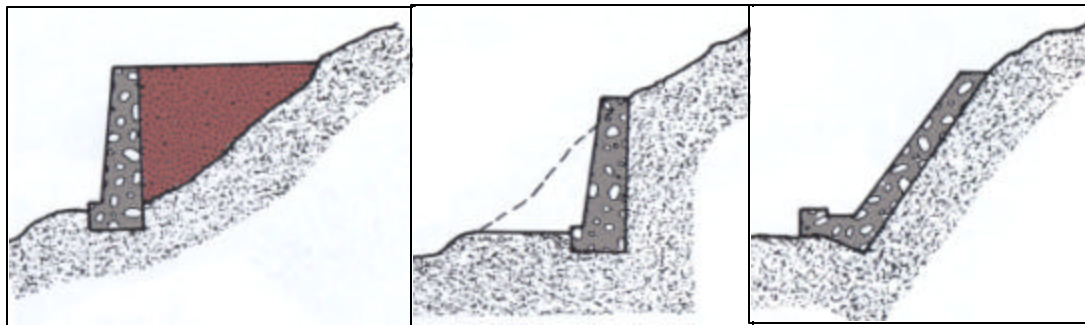
a) Muros b) Pantallas (*)

a) **MUROS.-** Son estructuras que proporcionan soporte lateral a una masa de material suelto y/o protegen al terreno de la erosión y de la meteorización. A su vez estos se clasifican en tres subgrupos:

Muro de sostenimiento, cuando se construye separados del terreno natural y luego se rellena de tierra (fig. a).

Muro de contención, cuando se construyen para contener materiales que se caerían en un plazo mas o menos largo si se les deja son apoyo (fig. b)

Muro de defensa (o revestimiento), cuando su función esencial es proteger el terreno de la erosión y de la meteorización. (fig. c)

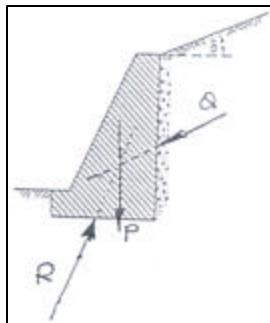


a) Sostenimiento

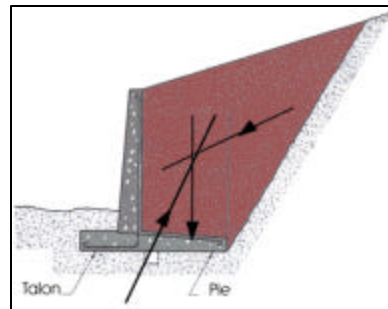
b) Contención

c) Protección
(revestimiento)

Otra importante clasificación de los muros se basa en la forma de contrarrestar los esfuerzos que el terreno ejerce sobre de ellos. Los hay de “ gravedad “ en los que el efecto estabilizador viene de su propio peso (fig. 1) y los “ aligerados “ (en L), (muro de contención en voladizo)(fig. 2) que llevan dispositivos de refuerzo que permiten reducir su espesor de los elementos, de manera que para su estabilidad requieren del suelo que soporta y cae directamente sobre su zapata, para ambos tipos de muros son tres las fuerzas que tienen que ponerse en equilibrio (la presión del suelo a contener, la sobrecarga y la reacción del suelo)



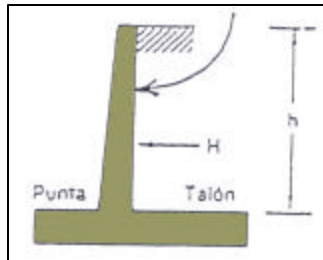
(Fig.1) M. de Gravedad



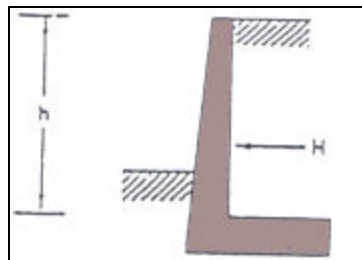
(Fig. 2) M. de Contención en voladizo

- Por interés solo describiremos muros

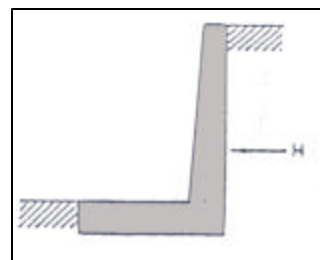
TIPOS DE MUROS DE CONTENCION EN VOLADIZO



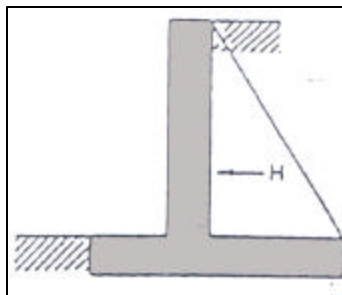
(3)
En Cantiliver Estándar
($H = 6m$)



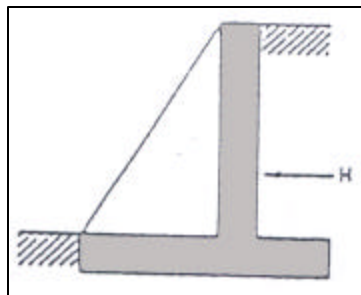
(4)
En Cantiliver
sin punta



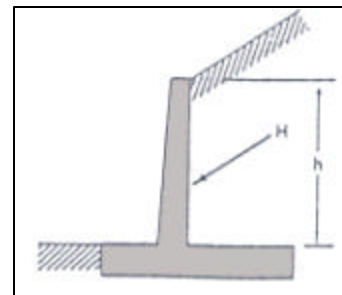
(5)
En Cantiliver
sin talón



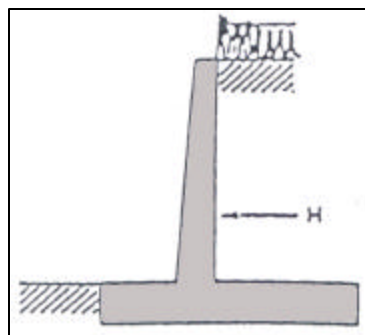
(6)
M. contra fuerte
($H > 6m$)



(7)
M. respaldo
($H > 6m$)



(8)
En Cantiliver
con relleno
inclinado



(9)
En Cantiliver
con sobrecarga

MURO DE DEFENSA (O REVESTIMIENTO)

La Protección de riveras y de diques son una parte importante en los trabajos de tratamientos de ríos y sirven para los siguientes propósitos:

- Tratamiento del río para mantener el alineamiento de la rivera
- Protección de los terrenos adyacentes contra la erosión
- Protección de estructura como plataforma de carreteras, puentes, barraje , presas etc .

ELEMENTOS DEL ENROCADO DE PROTECCION

La protección se compone de los siguientes elementos

- Capa de protección del enrocado.-La cual debe de ser dimensionada contra los esfuerzos de corte y contra las olas que pueden impactar al enrocado.
- Filtro El cual preteje el suelo de la erosión debido a la corriente de agua , ataque de olas y de flujos subterráneos .
- Debajo del Filtro el terreno base de la margen, o del dique.
- Enrocado de protección al pie del talud, el cual evita que el talud protegido falle debido a los efectos de la socavación .

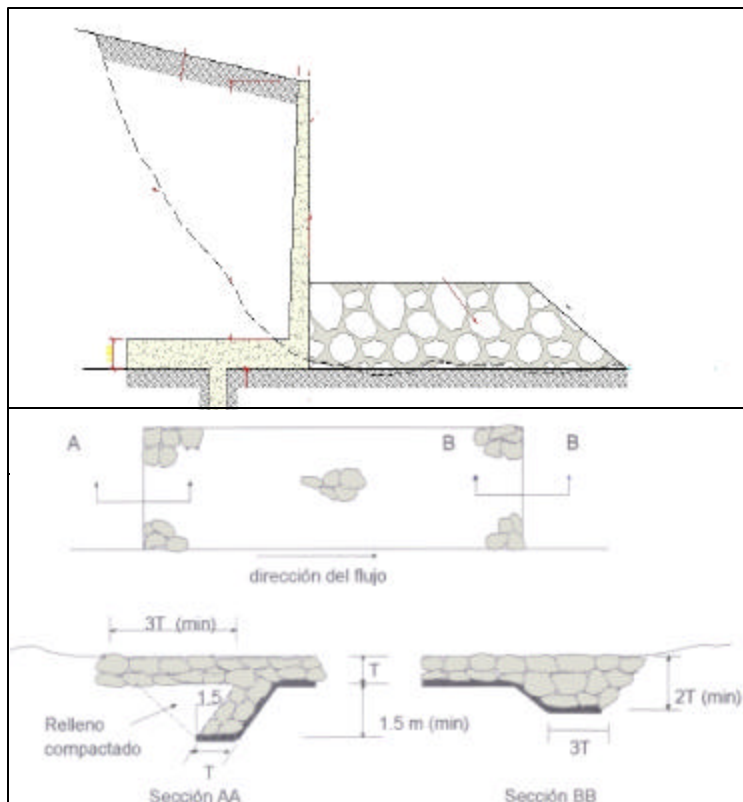


Fig.(10)

Fig.(11)

LOS MUROS también se clasifican por el “material “de que están constituidos; hay muros de piedra en seco , los hay también de mampostería , de ladrillo de hormigón en masa o en nuestro caso de “gaviones”. Todos ellos suelen ser de gravedad puesto que su resistencia al momento volcador reducido por le empuje de la tierra esta dado por su peso principalmente

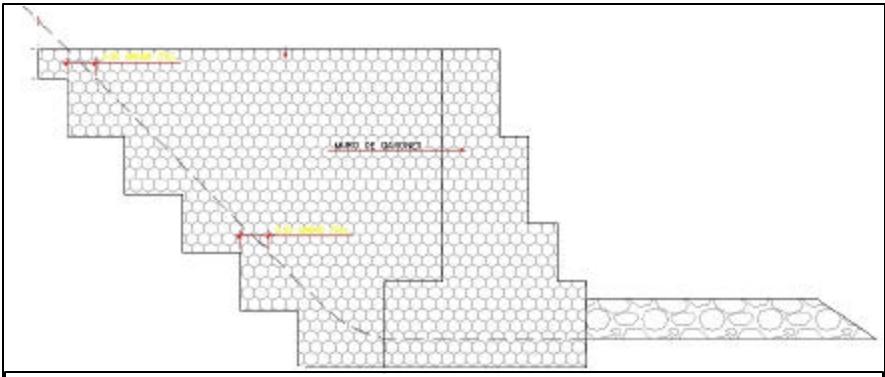


Fig.(12)

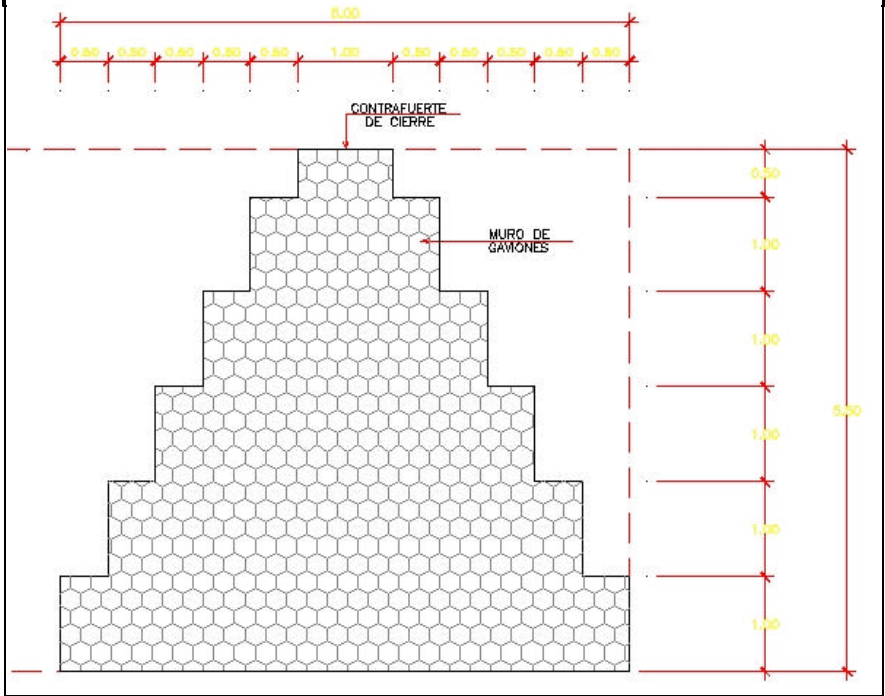


Fig.(13)

14.0 BIBLIOGRAFIA

- Agapito Sánchez F. (1995)** Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolívar : Boletín Instituto Geológico Minero y Metalúrgico ; 56
- Benavides V. - (1956)** Cretaceous Systems in Northern Peru, Amer. Mus. Nat. Cretaceous Systems in Northern Peru, Amer. Mus. Nat. Hist. Bull, vol. 108 art. 4, pp. 353- 494..
- Broggi J. A. (1942)** Geología del embalse del Río Chotano en Lajas. Boletín Sociedad Geológica del Perú. Tomo XII, Fascículo I.
- L. Casaverde y J. Vargas (1980)** Zonificación sísmica del Perú , II Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismorresistente, Lima Zonificación sísmica del Perú", II Seminario
- Cornell, C.A (1968).** Engineering Seismic Risk Analysis, Bulletin of The Seismological Society of America, 58(5), 1583-1606.
- Dávila D. (1996).** Geologia del Cuadrángulo de Jaén Boletín Instituto Geológico Minero y Metalúrgico ; 56
- Kummel Jr (1946)** Estratigrafía de la Región de Santa Clara, boletin 19 Sociedad Geologica del Peru pp 133-152
- R. McGuire,** ``Fortran computer program for seismic risk analysis", United States Department of the Interior Geological Survey, Open-File Report 76-67, 90 pp, 1976.
- Mc Laughlin D.H. (1924)** Geology and physiography of the Peruvian Cordillera, Geology and physiography of the Peruvian Cordillera, Department of Junin and Lima. Geol.Soc. Amer. Bull., vol. 35 pp. 591-632.
- Mégard Francois 1968** Geología del Cuadrángulo de Huancayo. Servicio de Geol. y Min. Bol. 18, Marzo.
- Reyes L. - (1980)** Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. INGEMMET. Boletín N° 31 - Serie A. Lima - Perú.
- C. F. Richter, (1958)** ``Elementary Seismology", Freeman, San Francisco,
- Tafur I. (1950)** Nota preliminar de la Geología del Valle de Cajamarca -Perú. U.N.M.S.M. Tesis Doctoral. Lima-Perú.
- Wilson J.J. (1963)** Cretaceous stratigraphy of Central Andes of Peru. Amer. Cretaceous stratigraphy of Central Andes of Peru. Amer. Addoc. Petrol. Geol. Bull, vol. 47 N° 1. pp. 1-34.
- Wilson & Reyes, R.L. (1964)** Geologia del cuadrangulo de Pataz- Boletin NUM. 9 serie"A" Carta Geologica Nacional
- Wilson J., (1984)** Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo y Chepén Bol. N° 38 Serie A Carta Geol. Nac. INGEMMET.