

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA
GEOLOGICA



**EVALUACION GEOTECNICA PARA PONTONES EN EL
MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PA-104, CERRO DE
PASCO – SALCACHUPAN, REGION PASCO**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO

Presentado Por:

Bach. CONDEZO SALGADO, Marcos Kevin

PASCO – PERU 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA
GEOLOGICA



**EVALUACION GEOTECNICA PARA PONTONES EN EL
MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PA-104, CERRO DE
PASCO – SALCACHUPAN, REGION PASCO**

Presentado Por:

Bach. CONDEZO SALGADO, Marcos Kevin

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE LA COMISIÓN DE JURADOS

Mg. Julio A. MARCELO AMES
PRESIDENTE

Mg. Ramiro E. DE LA CRUZ FERRUZO
MIEMBRO

Mg. Javier LOPEZ ALVARADO
MIEMBRO

Mg. Vidal V. CALSINA COLQUI
ASESOR

El presente trabajo esta dedicada a mis padres Marcos Condezo Fuster, Ana Salgado Santiago, mi Tío Juan Condezo Fuster, por ser el trípode de mi vida a la vez por sus sabios concejos, y me hace extrañeza y falta a Dios , a mis dos Hijas Sasá Greace y Yira Zoé Sasá, motivación y fuerza constante de superación ,a mis nueve hermanos que siempre recordare por sus motivaciones constantes, a mi esposa Angela Giovanna, con su apoyo incondicional y tolerancia, a todas aquellas personas que con su buena voluntad y ayuda dieron su apoyo incondicional que recordare en ocasiones me proporcione la vida.

INDICE

DEDICATORIA

INDICE

INTRODUCCION

CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.	DETERMINACION DEL PROBLEMA	09
1.2.	FORMULACION DEL PROBLEMA	10
1.3.	OBJETIVO GENERAL	10
1.4.	JUSTIFICACION DEL PROBLEMA	10
1.5.	IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACION	10
1.6.	LIMITACIONES	11

CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1	ANTECEDENTES Y CARACTERÍSTICAS ACTUALES	12
2.2	BASES TEÓRICOS – CIENTÍFICOS	13
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	33
2.4	SISTEMA DE HIPOTESIS	36
2.5	SISTEMA DE VARIABLES	36

CAPITULO III METODOLOGIA DEL ESTUDIO

3.1.	DISEÑO DE INVESTIGACION	38
3.2.	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	38
3.3.	TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	41
3.4.	TECNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS	41

CAPITULO IV RESULTADOS

4.1	UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	42
4.2	CLIMA	46
4.3.	GEOLOGÍA REGIONAL	47
4.4	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	53
4.5	GEOMORFOLOGÍA	56
4.6	ESTRATIGRAFÍA LOCAL	67
4.7	GEOESTRUCTURAS	81
4.8	CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS	83
4.9	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS SEGÚN ZONIFICACIÓN SÍSMICA	89
4.10	GEOTECNIA EXTERNA	92
4.11	RESULTADOS Y PERFILES ESTRATIGRÁFICOS DE LAS CALICATAS REALIZADAS EN LOS PONTONES	122

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

La evaluación geotécnica realizada para pontones es con el propósito de determinar las principales formaciones rocosas de la zona, sus características físicas y químicas, evaluación geotécnica de la zona donde se cimentarán la estructura de los pontones de la carretera.

La evaluación de campo es obtener los datos geológicos y geotécnicos, relacionando con las características geológicas regionales y locales.

La carretera Cerro de Pasco – Salcachupán se ubica en la parte Oriental de la Cordillera de los Andes. Se ubica paralelo a la cuenca del río Tingo, desde las estribaciones que originan el río hasta su desembocadura en el río Huallaga.

La zona en estudio tiene un clima frígido, lluvioso en el tramo de la vía hasta Cochacharao, en la zona tipo valle el clima es templado-frío netamente de valle andino, se tiene dos estaciones bien definidas: una lluviosa y otra seca. En los meses lluviosos diciembre y marzo, el río Tingo aumenta su caudal elevando el nivel de erosión en su cauce; así mismo, se incrementa la meteorización física y química de las rocas y suelos.

La geología regional de la zona esta constituido por de afloramientos de rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas y depósitos cuaternarios.

Geomorfologicamente la zona de estudio se encuentra en el lado oeste de la mega unidad geomorfológica de la Cordillera Oriental, constituida por un núcleo de rocas paleozoicas, en parte, cubiertas por rocas del Jurásico, las que se encuentran deformadas por plegamientos, y fallas.

La carretera se encuentra en forma alternada en las laderas de la cuenca del río Tingo, que ha ocasionado la existencia de numerosas estructuras (alcantarillas y pontones) de variadas dimensiones y materiales.

La geología local de la carretera esta representadas por rocas de varias edades geológicas que van desde el Paleozoico hasta el Cuaternario reciente, cada tipo de afloramiento tiene sus características propias.

A lo largo de la carretera se han identificado pontones que necesitan reaizar la caracterización geotécnica del área donde se cimentan y determinar el diseño de las mismas.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DETERMINACION DEL PROBLEMA

El problema es la dificultad de la población agrícola y ganadera de la zona a trasladarse, debido a la falta de una carretera en buenas condiciones que les permita disminuir el tiempo de viaje y en los transportistas ahorro en combustibles y mantenimiento de sus móviles , El objetivo de este trabajo es mejorar las vías de acceso que dificulta el transporte de pasajeros y carga, incrementando la estabilidad de la carretera y generar oportunidades en la comercialización de la producción agraria. Se requiere una carretera que cuente con estructuras de pontones que no sufran hundimientos o colapso por baja capacidad de carga del suelo o roca. El problema se caracteriza por tener suelos y rocas de baja capacidad de carga.

La carretera permitirá el transporte de la población a los mercados de consumo y servicios básicos de los distritos de Anasquisque, Pallanchacra entre otras de las provincias de Yanahuanca, a bajo costo.

El Gobierno Regional de Pasco tiene el objetivo de desarrollar un Programa de Construcción y Rehabilitación de Caminos Rurales que solucionen los problemas sociales y económicos, incrementen la calidad de vida rural y establezcan la comunicación entre el campo y la ciudad y crear las condiciones para la reactivación de la economía rural.

Las soluciones que se adoptarán son de tipo simple teniendo como objetivo dar soluciones a los problemas de transitabilidad y seguridad a la vía, para ello además de mejorar la vía a nivel de afirmado, se plantea la construcción de las obras de arte necesarios.

El proyecto contempla el mejoramiento de 41+736 km de carretera, iniciándose en el km 0+000 en el lugar denominado 27 de noviembre hasta llegar al km 41+736 ubicación de la localidad de Salcachupan.

Este estudio está elaborado de acuerdo a la propuesta de ingeniería del estudio y a los términos de referencia utilizados para este tipo de obras.

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cómo influye la evaluación geotecnia para pontones en el mejoramiento de la carretera PA-104, ¿Cerro de Pasco-Pallanchacra, Región Pasco?

1.3. OBJETIVO GENERAL

El objetivo de la presente investigación es:

Determinar la evaluación geotecnia para pontones en el mejoramiento de la carretera PA-104, Cerro de Pasco-Pallanchacra, Región Pasco.

1.3.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar la influencia de las características geotecnicas de los suelos y rocas para pontones en el mejoramiento de la carretera.
- Analizar la influencia de las características físicas cualitativas y cuantitativas de los suelos y rocas para pontones en el mejoramiento de la carretera.

1.4 JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

Este trabajo se justifica por la importancia de la geotecnia en determinar la capacidad de carga de los suelos y macizos rocosos para pontones en una carretera y es base para futuros estudios similares que se desarrollen.

1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACION

Es importante el estudio porque permitirá realizar una solución integral a la falta de mejoramiento de las vías de comunicación de las regiones agrícolas en la zona de estudio y determinar la

capacidad de carga del macizo rocoso y de los suelos para pontones que conforman la geología en el eje de la carretera, además servirá como información geológica para futuros proyectos de ingeniería.

1.6 LIMITACIONES

Como todo estudio el presente trabajo solo está limitado a la zona de trabajo y los resultados solo serán aplicativos a la zona de trabajo.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES Y CARACTERÍSTICAS ACTUALES

Existen estudios geotécnicos realizados en diferentes lugares del Perú que se toman como referencia para determinar el tipo de carretera y obras de arte donde encuentran incluidas los pontones en base a las propiedades geológicas-geotécnicas de las rocas y suelos presentes en la zona de estudio.

Dichos estudios serán empleados en el presente estudio.

Para la realización del estudio se ha tomado como base la Carta Geológica Nacional, Serie A publicada por el INGEMMET: Boletín No. 77 – Serie A: Ambo (21-k), Cerro de Pasco (22-k), y Ondores (23-k), 1996. Coobing J., Quispesivana L. y Paz M.; Boletín 55 Serie A – 1995 – Geología del Perú), así mismo el

Boletín N° 17 Serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica de la misma institución.

El tramo en estudio comienza en el km 00+000 en Rumiallana con cota 4019 msnm, en la margen derecha de la quebrada Rumiallana, donde se desarrolla con varias curvas por la diferencia de nivel, para posteriormente seguir un tramo de pendientes más moderadas.

La plataforma que debe ser mejorada, transcurre en corte a media ladera en un 90% de su longitud total y en relleno en un 10%, por consiguiente, la parte que está en relleno se ha construido con el material propio del corte, con un ancho promedio de plataforma de 4,5 m.

El terreno accidentado no ha permitido el empleo de grandes tangentes y el trazo es más bien una sucesión de curvas, con tangentes intermedias críticas.

Asimismo, se nota la presencia de muchos cursos de agua que atraviesan el camino. Se observa pontones de madera y champas que soportan el pase de peatones y acémilas.

2.2 BASES TEÓRICOS – CIENTÍFICOS

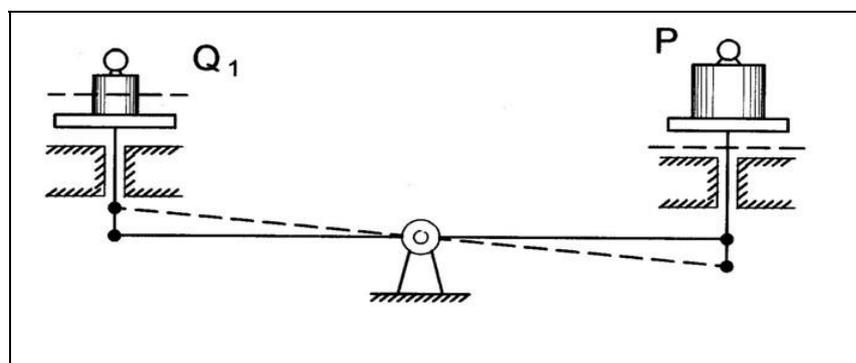
2.2.1 Capacidad de carga del suelo

Se denomina como capacidad de carga admisible de una cimentación aquella carga que al ser aplicada no provoque falla o daños en la estructura soportada, con la aplicación de un factor de seguridad. La capacidad de carga no solo está en función de las

características del suelo, sino que depende del tipo de cimentación y del factor de seguridad adoptado. Una forma de analizar la capacidad de carga es por medio del modelo mecánico de Khristianovich (figura 1 y 2). Se tiene una balanza ordinaria, cuyo movimiento está limitado por la fricción en las guías de los platillos, si se coloca un peso lo suficientemente pequeño en uno de los platillos, la balanza permanece en equilibrio debido a que la fricción de las guías lo contrarresta, si se coloca un peso mayor que la fricción de las guías, se requiere entonces de un segundo peso en el otro platillo. Cuando la balanza pierde el equilibrio por el incremento de peso en uno de los platillos por muy pequeño que sea, se conoce como equilibrio crítico de la balanza. La capacidad de las cimentaciones puede ejemplificarse siguiendo con el modelo de la balanza.

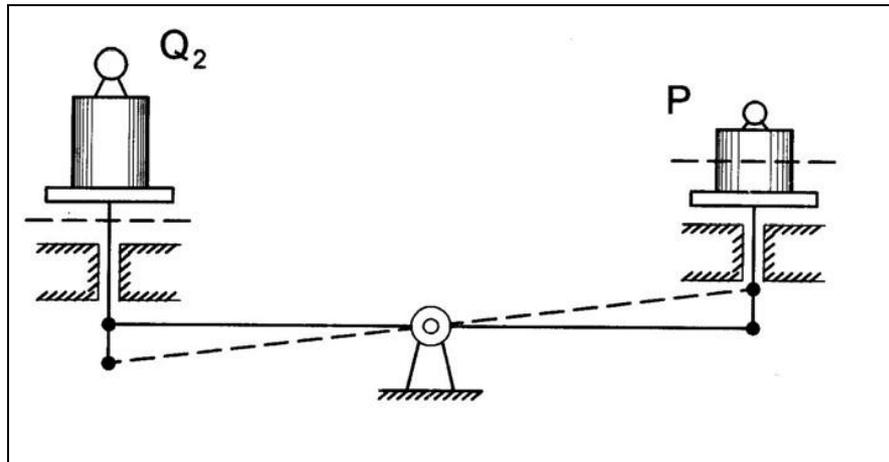
En el platillo derecho se tiene un peso P y se quiere determinar el valor de Q a colocar en el platillo izquierdo para que la balanza se encuentre en equilibrio crítico, existen dos soluciones posibles para esta situación, una es con $Q < P$ y la otra $Q > P$.

Figura 1. Modelo de Khristianovich, $Q < P$



Fuente: Juárez Badillo, Eulalio; Mecánica de suelos

Figura 2. Modelo de Khristianovich, $Q > P$

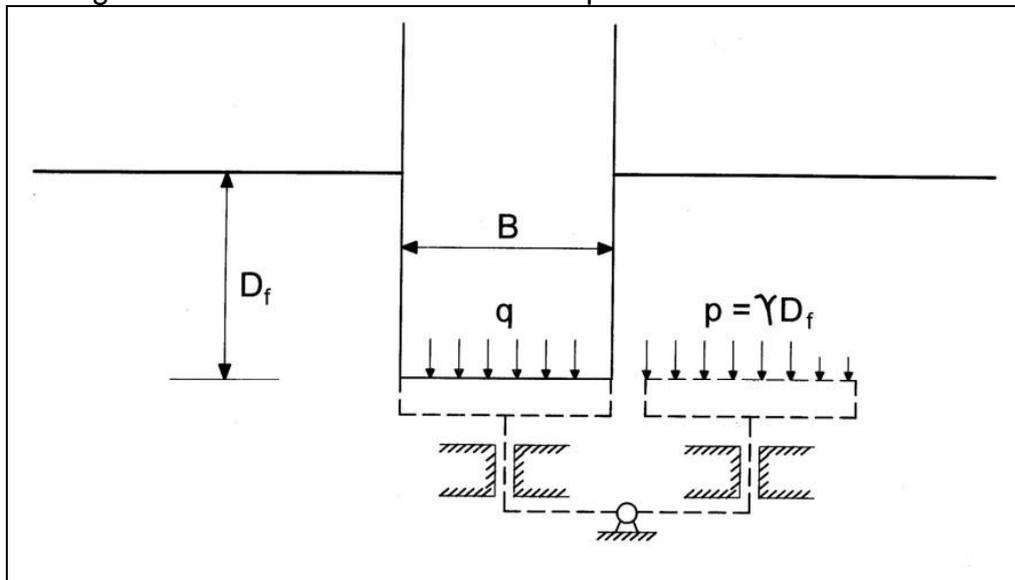


Fuente: Juárez Badillo, Eulalio; Mecánica de suelos

Ahora se lleva a cabo el mismo análisis para una cimentación (figura 3). Se tiene una cimentación de ancho B a una profundidad D_f , que se supone continúa.

En el caso de la cimentación debe encontrarse la carga q , última que puede colocarse en el cimiento sin que se desestabilice el conjunto, sustituyendo el cimiento y colocándolo en uno de los platillos del modelo de análisis, el terreno natural estaría sobre el otro. Puede verse que la presión q que puede colocarse en el platillo del cimiento es mayor que la carga del otro platillo ($p = \gamma \cdot D_f$). Esto se debe a que la resistencia del suelo equivalente a la fricción en las guías está trabajando a favor de q , lo que corresponde al caso en el que $Q > P$.

Figura 3. Modelo de Khristianovich aplicado a cimentación



Fuente: Juárez Badillo, Eulalio; Mecánica de suelos

También se tiene el caso de una excavación, que corresponde a $Q < P$, q se toma como nulo, pero conforme se hace mas profunda la excavación estaría bajándose el nivel de la balanza teniendo como resultado el aumento de la presión p .

Si la profundidad sigue aumentando, existe entonces la profundidad crítica, lo que indica que, al tratar de profundizar más, el fondo de dicha excavación se levantará como el platillo de la balanza, este fenómeno es conocido como falla de fondo. Si una carga es aplicada en un área limitada ubicada en la superficie del suelo o debajo de ella, el área cargada cede y si la carga se aumenta de forma continua, los asentamientos que se grafican en el eje vertical en un sistema de coordenadas dan lugar a la llamada curva de asentamientos. Un suelo resistente equivale a guías con mucha fricción y viceversa.

2.2.2. tipos de fallas

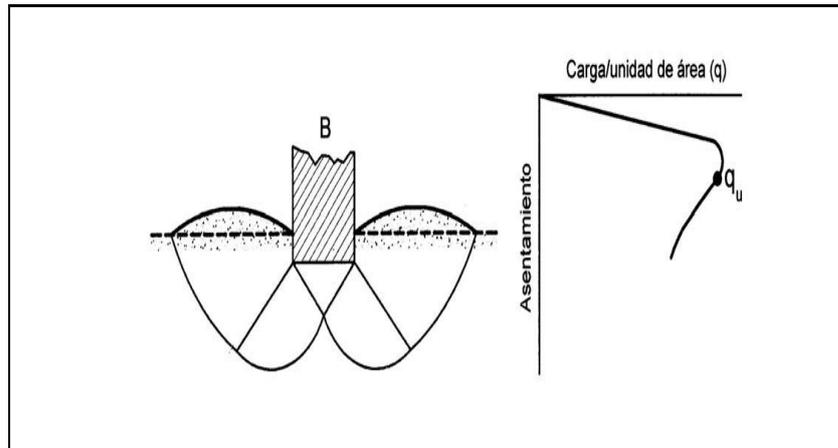
Las fallas por capacidad de carga se presentan debido a la rotura por corte del suelo bajo la cimentación, existen tres tipos de falla: falla por corte general, falla por punzonamiento y falla por corte local.

Falla por corte general

Se tiene una cimentación corrida con un ancho B la cual es soportada por un suelo denso o cohesivo firme, si la carga que soporta dicho suelo es incrementada de forma gradual, habrá un aumento en el asentamiento llegando al punto en el cual la carga por unidad de área es igual a la capacidad de carga última, ocurrirá entonces una falla repentina en el suelo, esta falla es llamada falla por corte general. Se presenta en arenas densas y arcillas rígidas.

Su principal característica es una superficie de falla continua que comienza en el borde de la cimentación y llega a la superficie del terreno, es una falla frágil y súbita, llegando al punto de ser catastrófica, y si la estructura no permite la rotación de las zapatas, puede ocurrir con cierta inclinación visible de la cimentación, lo que provoca hinchamiento del suelo a los lados, el colapso final se presenta en un solo lado (figura 4).

Figura 4. Falla por corte general

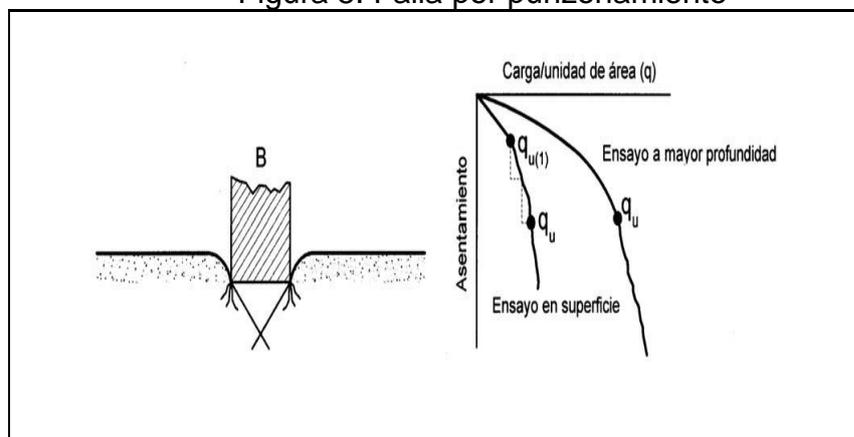


Fuente: capítulo 10 AASHTO, fundaciones; Das Braja, Principios de ingeniería de Cimentaciones.

Falla por punzonamiento

Ocurre en suelos bastante sueltos, la zona de falla no se extiende como en el corte general. La cimentación provoca la compresión inmediata del suelo en un movimiento vertical, el suelo presenta falla por corte alrededor de la cimentación y los movimientos del suelo junto con la cimentación no son muy visibles por lo que el equilibrio vertical y horizontal de la misma se mantiene (ver figura 5).

Figura 5. Falla por punzonamiento



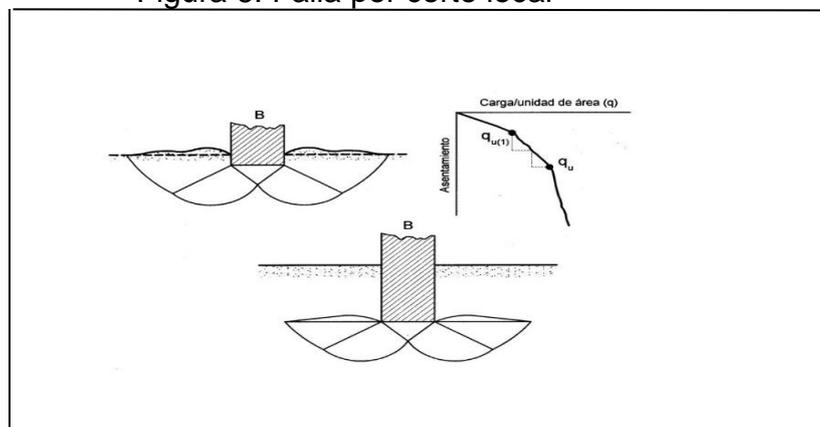
Fuente: capítulo 10 AASHTO, fundaciones; Das Braja, Principios de ingeniería de Cimentaciones.

Falla por corte local

Si la cimentación se encuentra sobre suelo arenoso o arcilloso con compactación media, al aumentar la carga, también ocurre un incremento en el asentamiento, pero la superficie de falla se extiende de forma gradual hasta la superficie o en algunos casos cuando el desplazamiento vertical es grande (la mitad del lado o diámetro de la zapata) termina dentro de la propia masa de suelo y no en el terreno (ver figura 6).

Cuando la carga por unidad de área es igual a $q_{u(1)}$, conocida como carga primera de falla, ocurren sacudidas repentinas junto con el movimiento, por lo que se requiere de un movimiento considerable de la cimentación para que la superficie de falla llegue a la superficie, este movimiento ocurre cuando se alcanza la capacidad de carga última. Es una falla intermedia entre el corte general y el punzonamiento. Presenta hinchamiento del suelo al lado de la cimentación y compresión vertical del suelo bajo la cimentación.

Figura 6. Falla por corte local



Fuente: capítulo 10 AASHTO, fundaciones; Juárez Badillo, Eulalio; Mecánica de suelos.

Todas las fallas mencionadas pueden ser bien diferenciadas unas de otras, pero no hay parámetro numérico que permitan predecir el tipo de falla a ocurrir, sin embargo, una forma de llegar a un estimado es basándose en la compresibilidad del suelo, debido a las condiciones de carga y geometría de la cimentación.

Según Crespo Villalaz, en un suelo incompresible el tipo de falla será del tipo de corte general, en un suelo muy compresible en comparación a su resistencia al cortante la falla será por punzonamiento. El índice de rigidez del suelo (I_r) es un valor basado en el supuesto comportamiento elastoplástico del suelo, es el único parámetro que existe para determinar la compresibilidad del suelo:

$$I_r = \frac{G}{\tau} = \frac{G}{c + \sigma \cdot \tan \phi}$$

Donde:

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \mu)}$$

Donde:

G = módulo de corte del suelo

τ = esfuerzo de corte del suelo

μ = coeficiente de Poisson

E = módulo elástico del suelo o módulo de Young

Cuando se toma en cuenta el cambio de volumen medio (Δ) en la zona plástica, el valor de I_r se reduce:

$$I_{rr} = I_r \cdot F$$

Donde:

$$E = \frac{1}{1 + I_r \cdot \Delta}$$

Si $I_{rr} > 250$ el suelo es incompresible, un valor menor como por ejemplo 10 indica que el suelo es relativamente compresible. Otra forma de estimar el tipo de falla se describe a continuación.

En 1973, Vesic, realizó una estimación para el modo de falla de cimentaciones en arenas, como lo muestra la figura 7. Por medio de la compacidad relativa de la arena y las dimensiones de la cimentación, así como la profundidad de desplante de la misma, donde:

C_r = compacidad relativa de la arena

D_f = profundidad de desplante de la cimentación, medida desde la superficie

$$B^* = \frac{2 \cdot BL}{B + L}$$

B = base de la cimentación

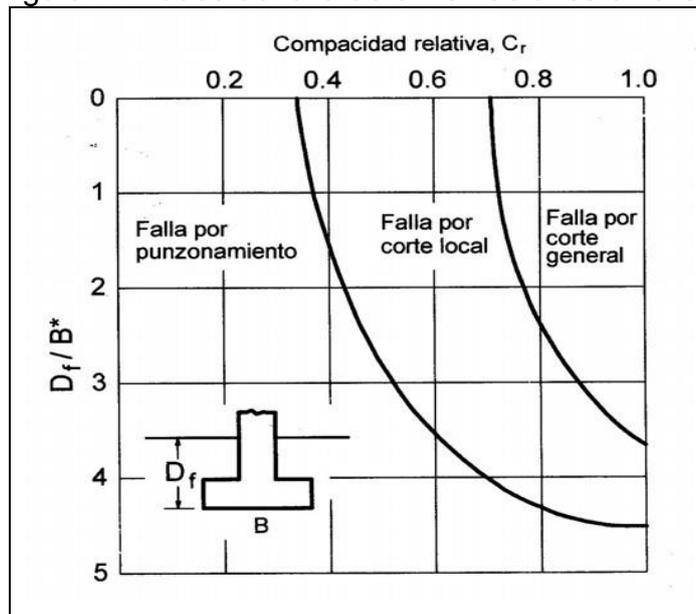
L = longitud de la cimentación

En cimentaciones cuadradas, $B = L$; en cimentaciones circulares

$B = L =$ diámetro, por lo que:

$$B^* = B$$

Figura 7. Modos de falla de cimentaciones en arena



Fuente: capítulo 10 AASHTO, fundaciones; Das, Braja, Principios de ingeniería de cimentaciones.

Obtención de datos por medio de ensayos de laboratorio
normas para los ensayos

Las normas consultadas en este informe son las de los ensayos más utilizados en nuestro país (tabla I) para determinar la capacidad de carga del suelo (ver tabla I). En caso de que se verifiquen o consulten las normas se hace la aclaración que las normas ASTM y AASHTO varían según el año de publicación, pudiendo haber diferencia en algunos procedimientos ya sea por modificaciones o actualizaciones realizadas por los investigadores.

Tabla I. Normas consultadas

Ensayo	Norma
Ensayo triaxial no consolidado no drenado	ASTM D 2850
Ensayo triaxial consolidado no drenado	AASHTO T 297 (ASTM D 4767)
Ensayo de compresión no confinado	AASHTO T 208 (ASTM D 2166)
Ensayo de corte directo	AASHTO T 236 (ASTM D 3080)
Ensayo de penetración estándar	AASHTO T 206 (ASTM D 1586)
Ensayo de cono de penetración	ASTM D 3441

Fuente: AASHTO, capítulo 10, especificaciones para fundaciones.

Ensayo de compresión triaxial

Es el ensayo más común, puede aplicarse para todos los tipos de suelo excepto para las arcillas muy sensibles y permite aplicar diferentes procedimientos. La prueba se realiza en una probeta cilíndrica de suelo que tiene una relación altura/diámetro de 2:1, los tamaños comunes son de 16 X 38 mm y 100 x 50 mm.

Ensayo de corte directo

Recibe este nombre debido a que se miden los esfuerzos normales y de corte en el plano de falla; se corta un prisma rectangular o cilíndrico de una muestra de suelo (o se remoldea, según sea necesario) y se introduce con precisión en una caja metálica dividida en dos mitades horizontales.

En el aparato de tipo estándar la caja es de 60 x 60 mm, puede ser tanto de forma cuadrada como circular y fue desarrollado por Casagrande, pero para los suelos de granos más gruesos y quizá arcillas agrietadas se usa una versión más grande.

Ensayo de penetración estándar (SPT)

Se emplea para conocer la resistencia de un terreno y su capacidad de deformarse, conocido también como ensayo dinámico esta especialmente indicado para arenas debido a que en suelos arcillosos presenta bastantes dificultades de interpretación, también en suelos que contengan gravas deberá de tenerse cuidado con la influencia del tamaño de partículas del suelo.

Consiste en determinar el número de golpes necesarios (N) para hincar un muestreador a cierta profundidad en el suelo.

Factores de corrección para el valor N

El valor de N debe ser multiplicado por un factor de corrección debido a la presión efectiva del suelo. Uno de los factores más utilizados es el de Liao y Whitman (1986):

$$F_c = \sqrt{\frac{P_0''}{\sigma'_v}}$$

Donde:

σ'_v = esfuerzo efectivo o presión intergranular

$P_0'' = 2 \text{ ksf} = 95.76 \text{ kPa} = 1 \text{ ton/pie}^2$, presión de sobrecarga de referencia tomada arbitrariamente.

En ciertos casos el valor corregido de N suele ser elevado, cuando el subsuelo está formado por arena fina bajo el nivel freático, entonces es necesario hacer la siguiente corrección:

$$N' = 15 + 0.5 \cdot (N - 15)$$

Donde:

N = número de penetración estándar obtenido en campo y que resulte mayor a

15 en la corrección por presión intergranular.

Correlaciones del ensayo de penetración estándar

El SPT puede utilizarse para determinar el ángulo de fricción interna ϕ , la cohesión y la densidad de un suelo (tabla II).

Tabla II. Valores empíricos de D_r , ϕ , y peso específico para suelos granulares basados en el SPT, aproximadamente a 6 m de profundidad y normalmente consolidados

Suelo	D_r	SPT N'_{70}			ϕ°			γ (natural o húmedo)	
		fino	medio	grueso	fino	medio	grueso	lb/pie ³	kN/m ³
Muy suelto	0.00	1, 2	2, 3	3, 6	26, 28	27, 28	28, 30	70, 100	11, 16
Suelto	0.15	3, 6	4, 7	5, 9	28, 30	30, 32	30, 34	90, 115	14, 18
Medio	0.35	7, 15	8, 20	10, 25	30, 34	32, 36	33, 40	110, 130	17, 20
		16, 30	21, 40	26, 45	33, 38	36, 42	40, 50	110, 140	17, 22
Denso	0.65	¿?	> 40	> 45	< 50			130, 150	20, 23
Muy denso	0.85								

Fuente: Bowles, Joseph E.; Foundation analysis and design.

El ángulo de fricción máximo según Wolf (1989) se calcula como:

$$\phi(\text{grados}) = 27.1 + 0.30 \cdot N'_{60} - 0.00054 \cdot (N'_{60})^2$$

Donde:

N'_{60} = número de penetración estándar corregido

En arcillas la cohesión no drenada en base a ensayos triaxiales realizados en arcillas sensitivas puede determinarse como:

$$c_u = K \cdot N_{60}$$

Donde:

K = constante en un rango de [3.5 – 6.5] kN/m² (0.507 – 0.942 lb/plg²)

N_{60} = número de penetración estándar obtenido en campo

La cohesión en arcillas según otros investigadores también puede determinarse como:

$$c_u (\text{kN/m}^2) = 29 \cdot N_{60}^{0.72}$$

Donde:

N_{60} = número de penetración estándar obtenido en campo

Ensayo de penetración de cono (CPT)

Originalmente conocido como ensayo de penetración con cono holandés, es un método utilizado para determinar los materiales en un perfil de suelo y hacer un estimado de las propiedades ingenieriles, también se le conoce como prueba de penetración estática, a diferencia del SPT no necesita de barrenos para su realización. Se efectúa empujando el cono de penetración estándar (de acuerdo con la norma ASTM D 3441, con 60° de la punta a la base, un diámetro de 35.7 mm con un área de sección de 10 cm²) en el suelo a un ritmo de 10 a 20 mm/s, el ensayo es detenido periódicamente para sujetar barras de 1 m y así extender la profundidad del sondeo; sin embargo, algunas configuraciones de empuje permiten una longitud extra de barra para hacer un empuje casi continuo, los primeros penetrómetros median únicamente la resistencia a la penetración, llamada resistencia a la penetración de punta.

Factores que determinan el tipo de cimentación

Para la adecuada selección de la cimentación a emplear existen tres factores que se pueden tomar en cuenta:

1. Las cargas que se transmiten al suelo por medio de la estructura y los materiales que la constituyen.

2. Las propiedades hidráulicas, mecánicas, en especial las que influyan en cuan compresible y resistente es el suelo.
3. Los factores económicos, la importancia de la estructura debe estar en equilibrio con el costo de la cimentación.

Pueden tomarse en cuenta las siguientes indicaciones en base a la capacidad de carga y la compresibilidad del suelo:

1. Cuando las cargas sean demasiado grandes, y se utilice cimiento corrido que ocupe cerca del 50% del área de la construcción en planta es más eficiente y económico el uso de una sola losa de cimentación.
2. Si la cimentación no es económica para soportar las cargas puede cimentarse una parte por medio de pilotes.
3. Si los suelos tienen baja capacidad de carga, usar pilotes de punta apoyados en un estrato resistente.
4. En suelos de baja compresibilidad y con asentamientos controlables, utilizar zapatas aisladas.
5. En suelos de compresibilidad media, para mantener los asentamientos en un rango controlable, se recomienda usar cimiento corrido rigidizado por medio del uso de vigas de cimentación.
6. En suelos de mediana y alta compresibilidad con baja capacidad de carga, es recomendable el uso de cimentaciones compensadas.

CAPACIDAD DE CARGA DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES

Cimentaciones superficiales

Se les conoce como cimentaciones superficiales a aquellas cuya profundidad de desplante D_f es menor o igual que el ancho de la misma, pero también se sugiere que se tomen como cimentaciones superficiales aquellas cuya profundidad de desplante sea menor o igual a tres o cuatro veces el ancho de la cimentación. Entre este tipo de cimentaciones se encuentran las zapatas aisladas, las cimentaciones corridas y las losas de cimentación, cuyo procedimiento de cálculo de capacidad de carga se trata en el cuarto capítulo. Las zapatas aisladas son elementos estructurales, por lo general de forma cuadrada o rectangular, a veces circular, que se construyen para poder transmitir la carga de las columnas hacia el suelo por medio de una mayor área para disminuir la presión.

Los cimientos o zapatas corridas son elementos análogos a los anteriores, en el caso de éstos la longitud del cimiento es grande en comparación con el ancho. Soportan varias columnas o muros de mampostería, es una forma derivada de la zapata aislada, debido al caso en el que el suelo sea de baja resistencia que cree la necesidad de una mayor área de repartición o en caso de que se deban transmitir mayores cargas hacia el suelo.

Datos de laboratorio

Tabla III. Datos de laboratorio a utilizar en ejemplos de cimentaciones superficiales

Ensayo	Tipo de suelo	ϕ	c (ton/m ²)	γ (ton/m ³)
Triaxial, UU	Limo arenoso color café	32.27°	7.3	1.77
Triaxial, UU	Limo areno arcilloso color café	25.21°	1.4	1.54
Triaxial, UU	Arena limosa color café	29.63°	3.7	1.79
Triaxial, UU	Arena pómez limosa café claro	35.94°	13.6	1.85
Corte directo	Limo arenoso color café	41.70°	6.31	1.83
SPT	Ensayo 2, Comitancillo, San Marcos	-----	-----	-----

Fuente: elaboración propia, por medio de datos proporcionados por el laboratorio de mecánica de suelos del CII-USAC.

Ecuación de Terzaghi

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot BN_\gamma \text{ (Cimiento corrido)}$$

Donde:

c = cohesión del suelo

γ = peso específico del suelo

$$q = \gamma \cdot D_f$$

D_f = profundidad de desplante de la cimentación

N_c, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga (son adimensionales y

se encuentran en función del ángulo de fricción del suelo, ϕ)

$$N_c = \cot\phi \cdot (N_q - 1)$$

$$N_q = e^{2(3\pi / 4 - \phi / 2) \tan\phi}$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2} \left[\frac{1 + \sin\phi}{1 - \sin\phi} \right]^2 N_q$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2} \cos^2(45 + \phi)$$

2

$$N_{\gamma} = \frac{1}{2} \frac{K_{p\gamma} - 1}{\cos^2 \varphi} \tan \varphi$$

Donde:

$$K_{p\gamma} = \frac{3 \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi + 33}{2} \right)}{2} = \text{coeficiente de empuje pasivo (aprox. de Husain)}^9$$

de Husain)⁹

Para cimentaciones cuadradas o circulares la ecuación puede modificarse:

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_{\gamma} \text{ (Cimentación cuadrada)}$$

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.3\gamma BN_{\gamma} \text{ (Cimentación circular)}$$

B es la dimensión de cada lado de la cimentación en el caso de cimentaciones cuadradas, para cimentaciones circulares B es el diámetro de la cimentación. Para falla por corte local del suelo:

$$q_u = 2/3cN'_c + qN'_q + 0.3\gamma BN'_{\gamma} \text{ (Cimentación corrida)}$$

$$q_u = 0.867cN'_c + qN'_q + 0.4\gamma BN'_{\gamma} \text{ (Cimentación cuadrada)}$$

$$q_u = 0.867cN'_c + qN'_q + 0.3\gamma BN'_{\gamma} \text{ (Cimentación circular)}$$

Donde:

N'_c , N'_q y N'_{γ} = factores de capacidad de carga modificada. Se calculan utilizando las ecuaciones para los factores de capacidad de carga (para N_c , N_q , N_{γ}) sustituyendo φ por $\varphi = \tan^{-1}(2/3 \times \tan \varphi)$.

Factor de seguridad

La capacidad de carga admisible, q_{adm} , consiste una reducción de la capacidad de carga última con la aplicación de un factor de seguridad FS:

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

La capacidad de carga última neta es la carga última, q_u , menos el exceso de presión de sobrecarga producida por el suelo alrededor de la cimentación y puede utilizarse en caso que la diferencia entre el peso específico del suelo y el concreto sea considerada pequeña:

$$q_{neta(u)} = q_u - q$$

Donde:

$$q_{neta(u)} = \text{capacidad de carga última neta } q = \gamma \cdot D_f$$

Por lo tanto:

$$q_{adm}(neta) = \frac{q_u - q}{FS}$$

El factor de seguridad para todos los casos puede ser de 3.

Suele utilizarse un factor de seguridad respecto a la falla por corte (FS_{corte}) que varía de 1.4 a 1.6, se usa junto con un factor de seguridad mínimo de 3 a 4 por capacidad de carga última neta o bruta. A continuación se muestra el procedimiento para el cálculo de carga neta admisible para un FS_{corte} dado:

1. Modificar c y ϕ , cohesión y el ángulo de fricción, respectivamente:

- i. c

- b. $c_d = \frac{c}{FS_{corte}}$

- i. FS_{corte}

- c. $\phi_d = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \phi}{FS_{corte}} \right)$

1. FS_{corte}

2. La capacidad de carga admisible bruta se calcula de acuerdo a la ecuación que se utilice, con c_d y ϕ_d como los parámetros de resistencia cortante del suelo:

$$q_{adm} = c_d N_c + q N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

Donde:

N_c, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga para el ángulo de fricción ϕ_d .

3. La capacidad de carga para el ángulo de fricción ϕ_d es entonces:

$$q_{adm}(neta) = q_{(adm)} - q = c_d N_c + q (N_q - 1) + 1/2 \gamma B N_\gamma$$

Para la falla por corte local cohesión y el ángulo de fricción también pueden tomarse como:

$$c' = 0.67 \cdot c$$

$$\phi' = \tan^{-1}(0.67 \cdot \tan \phi)$$

Ajustes al ángulo de fricción interna

Se ha encontrado que el ángulo de fricción interna determinado por medio del ensayo triaxial (ϕ_{tr}) es por lo general de 1 a 5 grados menor que el ángulo obtenido de ensayos de esfuerzos planos (plane strain test, ϕ_{ps}). Los esfuerzos planos producidos son los que proporciona el ensayo de corte directo, Meyerhof propuso la siguiente modificación:

$$\phi_{ps} = \left(1.1 - 0.1 \cdot \frac{B}{L} \right) \cdot \phi_{tr}$$

Entre una de las propuestas para convertir el ángulo de fricción interna a su equivalente obtenido en ensayos de esfuerzos planos se encuentra la de Lade y Lee (1976):

$$\varphi_{ps} = 1.5 \cdot \varphi_{tr} - 17$$

En general, no es recomendable ajustar φ_{tr} a menos que sea más grande que valores de 32 a 35 grados y limitar el ajuste a no más de cinco grados. Si los valores son más grandes, debe tenerse en cuenta la ejecución de ensayos de esfuerzos planos. El agua en el suelo no provee un efecto de lubricación medible, sus principales efectos son la tensión superficial y el exceso de presión de poro. El ángulo de fricción interna obtenido por medio del ensayo triaxial puede modificarse según las dimensiones de la cimentación:

Si $L/B \leq 2$ usar φ_{tr}

Si $L/B > 2$ usar $\varphi_{ps} = 1.5\varphi_{tr} - 17$

Si $\varphi \leq 34^\circ$ usar $\varphi_{ps} = \varphi_{tr}$

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Arcilla Roca sedimentaria, formada a partir de depósitos de grano muy fino, compuesta esencialmente por silicatos de aluminio hidratados con partículas menores a 0.002 mm.

Arena Conjunto de partículas desagregadas de las rocas y acumuladas en las orillas del mar, del río, o en

capas de los terrenos de acarreo de granulometría comprendida de 0.06 mm a 2 mm.

Asentamiento Efecto de descenso del terreno bajo la cimentación de una edificación ocasionado por las cargas que se transmiten al mismo.

Cohesión Fuerza de atracción entre partículas adyacentes dentro de un mismo cuerpo.

Compacidad Densidad relativa
relativa

Consolidación Proceso de reducción de volumen de los suelos finos cohesivos (arcillas y limos plásticos), provocado por la actuación de solicitaciones (cargas) sobre su masa y que ocurre en el transcurso de un tiempo generalmente largo. Es la reducción gradual de volumen del suelo por compresión, debido a cargas estáticas. También puede darse por pérdida de aire o agua.

Densidad Propiedad índice de estado de los suelos que se emplea normalmente en gravas y arenas, es decir, en suelos que contienen reducida cantidad de partículas menores que 0.074 mm (tamiz # 200).
relativa La densidad relativa indica el grado de compactación del material y se emplea tanto en suelos naturales como en rellenos compactados.

Grava	Conjunto de materiales procedentes meteorización Partículas rocosas de tamaño comprendido entre 2 y 64 mm.
Índice de plasticidad	Parámetro físico que se relaciona con la facilidad de manejo del suelo con el contenido y tipo de arcilla presente.
Índice de rigidez	Coficiente que sirve para identificar el tipo de comportamiento del suelo, plástico o no plástico.
<i>In situ</i>	En el lugar, en el sitio.
Limo	Material suelto con una granulometría comprendida entre la arena fina y la arcilla. Es un sedimento clástico incoherente transportado en suspensión por los ríos y por el viento, que se deposita en el lecho de los cursos de agua o sobre los terrenos que han sido inundados. Para que se clasifique como tal, el diámetro de las partículas de limo varía de 0.002 mm a 0.06 mm.
Presión de poro	Presión del agua que llena los espacios vacíos entre las partículas de suelo. El fluido en los poros es capaz de transmitir esfuerzos normales, pero no cortantes por lo que es inefectivo para proporcionar resistencia al corte,

por ello se le conoce a veces como presión neutra.

Sobrecarga Carga extra aplicada.

Suelo cohesivo Suelo, que no estando confinado, tiene considerable resistencia cuándo se ha secado al aire, y tiene una cohesión importante cuando está sumergido.

2.4 SISTEMA DE HIPOTESIS

2.4.1 HIPOTESIS GENERAL

Las características geotecnicas de los suelos y rocas para pontones influyen en el mejoramiento de la carretera PA-104, Cerro de Pasco- Salcachupan, Región Pasco.

2.4.2 HIPOTESIS ESPECIFICAS

- Las características geológicas de los suelos y rocas para pontones influyen en el mejoramiento de la carretera.
- Las características físicas cuantitativas de los suelos y rocas para pontones influyen en el mejoramiento de la carretera.

2.5 SISTEMA DE VARIABLES

Se estudia cada una de las variables, las que se correlacionarán y compararán. Se identifican las siguientes variables:

2.5.1 VARIABLES INDEPENDIENTES:

Las características geotecnicas de los suelos y rocas para pontones.

2.5.2 VARIABLES DEPENDIENTES:

Mejoramiento de la carretera PA-104, Cerro de Pasco-Salcachupan, Región Pasco.

2.5.3. VARIABLES INTERVINIENTES:

Meteorización

Clima

Peso específico de la roca y suelo.

Política de desarrollo local y regional.

CAPITULO III

METODOLOGIA DEL ESTUDIO

3.1. DISEÑO DE INVESTIGACION

El trabajo comprende aspectos de interpretación geológica por lo que su desarrollo es descriptivo, analítico y evaluativo; se establecerá el grado de relación directa entre las variables y sus resultados. Se analizarán los resultados para poder evaluarlos.

3.2. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

Este trabajo esta basado en la toma de datos de campo, de forma objetiva y sistemática, en donde se investiga “como son” o “como están” las variables que se estudian y la frecuencia con que ocurre un hecho o precisando donde o cuando ocurre en situaciones naturales, mediante enfoques de observación transversal o longitudinal.

La metodología empleada comprendió la recopilación, toma de datos, caracterización, análisis, adecuación, actualización, procesamiento y generación de información del presente estudio, las mismas que están de acuerdo a las normas, reglamentos y sistemas actuales utilizados en el País.

Se desarrollaron cinco etapas de trabajo:

- ✓ Etapa de gabinete
- ✓ Etapa de campo
- ✓ Etapa Laboratorio
- ✓ Etapa de gabinete II
- ✓ Preparación del informe
- ❖ Etapa de Gabinete
 - Se recopilaron, analizaron, clasificaron y seleccionaron la información temática y cartográfica existente, de acuerdo a los objetivos del estudio.
 - Se recopilaron información en el Gobierno Regional, Gobiernos Locales, INGEMMET, SOCIEDAD GEOLOGICA entre otras instituciones públicas y privadas.
 - Se seleccionaron, delimitaron y digitalizaron los mapas o cartas catastrales a escala 1:25 000.
 - Se elaboró el Mapa Base a escala 1:25 000.
 - Se realizó el planeamiento integral del trabajo de campo.
- ❖ Etapa de Campo

Se realizó dos salidas al campo en los meses de abril, mayo y junio, el propósito fue verificar en el campo la información geológica obtenida en el gabinete. Para el estudio se ha recorrido el eje de la vía y se realizó el levantamiento topográfico correspondiente tomando en consideración las pendientes permitidos en las normas vigentes para el diseño de caminos DG-2001-MTC y el Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito.

- Se realizó el levantamiento o mapeo sistemático de campo de las unidades estratigráficas y estructuras geológicas establecidos en los mapas temáticos preliminares, con la utilización del Sistema de Posicionamiento Global (GPS),
 - Se realizó el levantamiento sistemático de campo de las unidades estratigráficas de los suelos en calicatas ubicadas de acuerdo a la delimitación proporcionada.
 - Se realizaron los levantamientos geotécnicos insitu en cortes de los ríos y carreteras.
 - Se extrajeron muestras de suelos de los cortes y calicatas de acuerdo a la estratigrafía y de rocas, para corroborar la litología de la zona.
- ❖ Etapa de Laboratorio
- Se enviaron las muestras al laboratorio para su análisis.
 - Se realizaron el análisis de los resultados del laboratorio.
- ❖ Etapa de gabinete II

- Se elaboró los mapas temáticos definitivos: Ubicación de la zona de trabajo, planos: geológico regional, local y suelos.
- Se digitalizaron mapas temáticos definitivos en la base a datos georreferenciados, utilizando el softwareMap Surf, Autocad y Arc View.
- Se utilizaron los planos elaborados por el equipo topográfico responsable de este estudio, para caracterizar la zona.
- Se elaboró el estudio geológico y la estratigrafía.
- Se elaboró la geomorfología de la zona
- Se elaboró la geología estructural de la zona.
- Se elaboró los tipos de suelos geotécnicos de la zona.
- ❖ Etapa de Preparación del Informe
- Compilación, integración y edición del estudio definitivo, conteniendo toda la información temática preparada y generada a la fecha.

3.3. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Se revisaron los informes geológicos y técnicos de la zona de estudio, así también se tomaron datos de campo geológicos para analizar sus características en la zona de estudio y se revisaron los métodos de construcción de carreteras y obras de arte, técnicas y procedimiento de trabajo en este tipo de obras.

3.4. TECNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS

Para el procesamiento de datos se utilizaran métodos convencionales o en su caso computarizados.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El área en estudio se ubica en la región de Pasco, provincia de Pasco, en los distritos de Yanacancha, San Francisco de Asís de Yarusyacán, Santa Ana de Tusi y Pallanchacra. Desde el punto de vista geográfico se ubica entre el paralelo 11° 15' y 11° 45' de Latitud Sur, y entre los meridianos 76° 10' y 76° 15' de Longitud Oeste. La carretera discurre a lo largo de la cuenca del río Tingo, que es un tributario del río Huallaga (Mapa 1).

El acceso principal, desde la ciudad de Lima, lo constituye la Carretera Central (Tramo Lima – La Oroya – Cerro de Pasco) de aproximadamente 297 km., vía que se encuentra totalmente asfaltada y en buen estado. El tramo se recorre en un tiempo aproximado de 7 horas.

El estudio que nos ocupa tiene su punto inicial en la periferia de la ciudad de Cerro de Pasco, concretamente en la Av. 27 de Noviembre, en el lugar denominado “San Juan Pampa”, enrumbando luego por la Av. El Minero. Posteriormente, el trazo sigue, sensiblemente, el curso del río Tingo discurriendo con un rumbo general hacia el norte, uniendo una serie de centros poblados tales como Palca, Tingo, Anasquizque, Cochacharao, Pachacrahuay, Yanatambón, Chauyar, Dv. a Yarusyacán, Junipalca, Chacra Colorada, Huichpin, Dv a Pallanchacra y Salcachupán pertenecientes a los distritos de Yanacancha, Santa Ana de Tusi, San Francisco de Asís de Yarusyacán y Pallanchacra.

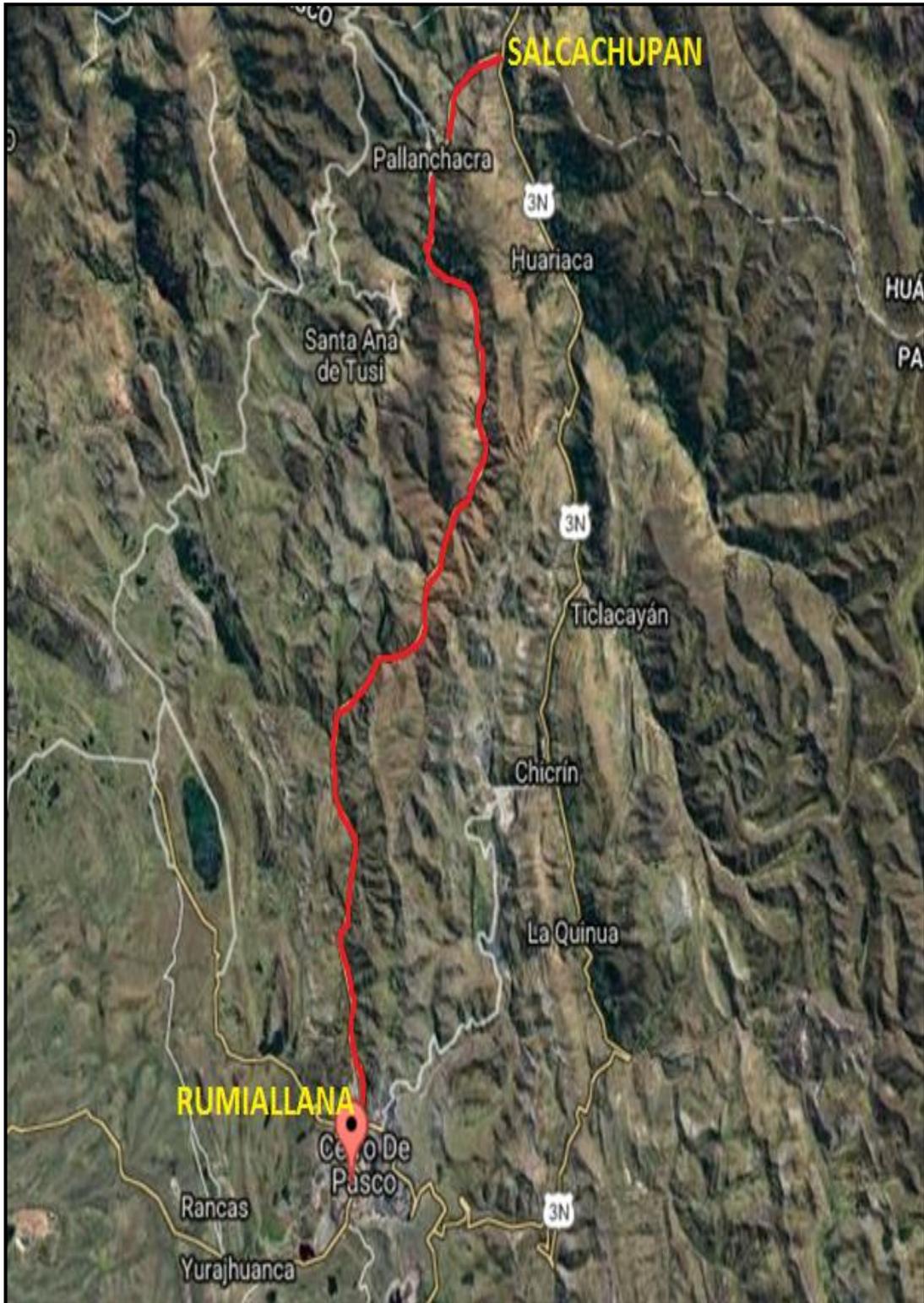
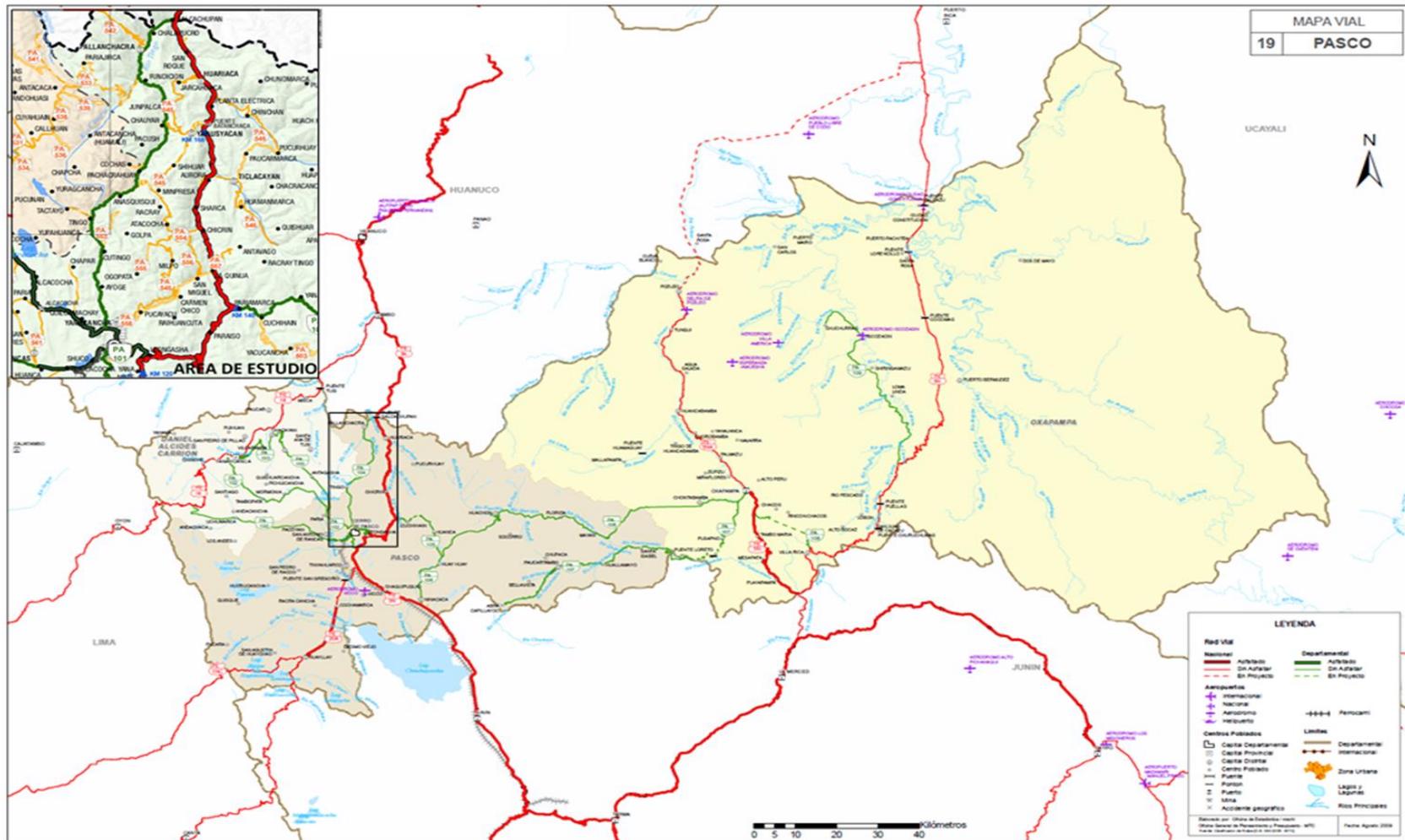


FIGURA 1: Vista Satélite de la Zona de Estudio.



Mapa 1: Mapa de Ubicación

4.2 CLIMA

La zona del proyecto se ubica en el sector central oriental de la Cordillera de Los Andes Peruanos. La vía se desarrolla a lo largo de la cuenca del río Tingo y muy próximo a su cauce, el cual desciende en su recorrido desde una altura de 4,300 m.s.n.m. hasta los 2,790 m.s.n.m. en su desembocadura en el río Huallaga, por lo cual este sector posee características climáticas andinas con dos estaciones bien marcadas a lo largo del año, una estación seca entre mayo a octubre y otra con lluvias entre los meses de noviembre a abril.

La temperatura media anual en el entorno del proyecto, según los registros de la estación Cerro de Pasco entre los años 1993 y 2001, es de 5.0 °C, presentándose los valores menores en los meses de junio y julio (3.1 °C, mínima media mensual) y los mayores en el mes de enero (6,1°C, máxima media mensual).

Con respecto a las precipitaciones, éstas se presentan de mediana intensidad y debido a que la vía discurre en zona fría, ocasionalmente ocurre la precipitación de nevadas por las bajas temperaturas. Las mayores precipitaciones pluviales se presentan durante los meses de diciembre a abril; de mayo a agosto es la temporada de las heladas; mientras que entre los meses de septiembre y noviembre la presencia de lluvias es moderada.

4.3. GEOLOGÍA REGIONAL

La geología regional comprende rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas, cuyas edades varían desde el Paleozoico inferior hasta el cuaternario. Hacia la cordillera Oriental se hallan las rocas paleozoicas más antiguas. En la cordillera Occidental, donde se desarrolla una altiplanicie de más de 4,200 m. de altitud, aflora el mesozoico marino y sedimentos continentales terciarios con pequeñas intrusiones del Mioceno. Las rocas sedimentarias están plegadas y falladas, teniendo las estructuras una dirección dominante NNW-SSE (Mapa 2).

4.3.1. Estratigrafía

Grupo Excélsior. (Silúrico a Devónico)

“Series de Excélsior” fue como Mc. Laughlin (1924) denominó a las rocas más antiguas de la región. Se compone de filitas grises, cuarcitas de grano fino y lutitas carbonaceas. Contienen algunos niveles de laminación oblicua y presenta un metamorfismo de bajo grado, comúnmente con sericita y clorita.

Estas rocas tienen dirección Norte, han sido fuertemente plegadas y conforman el núcleo de la estructura anticlinal fallada de Cerro de Pasco. La edad de dichas rocas no está bien determinada; para Mc Laughlin son Silúricas, para otros investigadores es Devónica.

Se le correlaciona con el Grupo Cabanillas del Altiplano y con las formaciones Torán y Cocachacra del sur del Perú.

Grupo Ambo. (Misisipiano)

Newell (1953) dio este nombre a una serie de rocas detríticas en la localidad de Ambo. Se trata de series continentales del litoral interrumpidas por una o dos fases marinas que se habrían depositado durante el Carbonífero inferior.

El Grupo Ambo ha sido reconocido sólo en una pequeña franja en el área y está conformado por algunos niveles bituminosos de lutitas rojizas marrones. Por lo general en contacto directo debajo de conglomerados del Grupo Mitú.

Grupo Mitú. (Pérmico Superior – Triásico Inferior)

Este grupo está constituido por areniscas, lutitas y conglomerados de color generalmente rojo, rojo púrpura, o morado, fue nominada y diferenciada así por Mc Laughlin (1924) cerca del pueblo de Mitú en la región de Goyllarizquisga, a unos 35 Km. Al NW de Cerro de Pasco, definidos como los primeros depósitos que yacen en discordancia sobre los bordes invertidos y erosionados del grupo Excélsior, correspondiendo al paleozoico inferior.

Boit (1960) ubica esta formación cerca de la localidad de Goyllarizquisga y en las inmediaciones de Cerro de Pasco.

La face volcánica extrusiva característica del Paleozoico Superior encontrado en otras regiones del Perú, no ha sido reconocida en el área de estudio.

Grupo Pucará. (Triásico – Jurásico)

Los afloramientos de este grupo, se encuentran ampliamente distribuidos en los andes centrales; regionalmente este grupo abarca aproximadamente el 59% de afloramientos, habiendo sido estudiados por G. Estiman, J.Jarrison, F. Megard, T.S. Zekel y otros.

La distribución de facies de la plataforma carbonatada Pucará en la región de Colquijirca – Cerro de Pasco, estuvo en buena parte controlada por la Falla Longitudinal Cerro de Pasco. Esta estructura separaba un sector somero y poco subsidente donde sedimentaba el Pucará Occidental, de otro lado algo más profundo y mucho más subsidente donde lo hacia la formación Chambará en el Pucará Oriental.

Entre el Noriono y Sinemuriano, se depositaron un conjunto de sedimentos carbonatados en el que se distinguen tres formaciones llamadas Chambará, Aramachay y Condorsinga

Formación Chambará. (Triásico)

Está bien definido en el Perú central desde el Valle de Chinchao al NE de Huanuco hasta 13° S. No se le conoce en la cordillera Occidental ni en la costa. Las secciones estudiadas por Jenks en los alrededores de Cerro de Pasco, bajo el nombre de Pucará indiviso corresponden de hecho únicamente a la Formación Chambará (Cook; 1,949. Hass; 1,953).

Presenta en la base, series con afinidad todavía continentales que rellenan depresiones topográficas irregulares, falladas en el Grupo Mitú; con espesor que varía de 0 m a 300 m. Son seguidas por un conjunto carbonatado cuya potencia alcanza los 3,000 m. Comprende calizas dolomíticas y dolomitas, en bancos de 0.2 m a 3 m, con intercalaciones de lutitas, limolitas y areniscas. Tienen un color gris muy claro a negro, dependiendo del porcentaje de materia orgánica, en partes llegando a ser bituminosas. Muchas de estas rocas son bioclásticas o verdaderamente calcarenitas con estratificaciones oblicuas. Brechas intraformacionales monogénicas están presentes, pero son raras. Se notan geodas de calcita de forma esférica, de algunos centímetros, muy abundantes en ciertos bancos.

En Cerro de Pasco, una falla de subsidencia N-S delimita en el triásico un área oriental donde el Chambará es bituminoso y pasa de los 2900 m. y un área occidental poco subsidente donde el Chambará es pobre en materia orgánica con intercalaciones de lutita.

Formación Aramachay. (Triásico Superior a Jurásico Inferior)

Típicamente son lutitas, areniscas y calizas, todas con un alto contenido de materia orgánica a menudo bituminosas, también contiene lechos de chertita y cinerita, las calizas forman bancos a menudo lenticulares y también nódulos discoidales, las rocas de

esta formación tienen un color negro que varía a in parduzco violáceo

Formación Condorsinga. (Jurásico Inferior a Medio)

Es la parte superior del Pucará, con una potencia mayor a 1000 m. Las calizas son a menudo oolíticas o bioclásticas que gradan a calcarenitas, intercaladas con capas margosas lenticulares muy pequeñas que pasan a menudo desapercibidas.

Al Grupo Pucará se le correlaciona con el Grupo Zaña del Norte, el Grupo Tamayo y los Volcánicos Chocolate del sur y las Formaciones Utcubamba y Santiago de la región subandina.

Grupo Goyllarisquizga (Cretácico Inferior)

Afloran principalmente al Norte de la Región, en partes concordante y otra discordante con el Pucará.

Está constituido por areniscas y cuarcitas de grano fino a medio con estratificación cruzada, las que están intercaladas en la base con pequeños lentes de carbón y estratos de lutita de color verde grisáceo y marrón (Milpo) Hacia el techo se observan intercalaciones de basalto de color verde azulado (en san Juan de Milpo) con potencia de 1 a 2 m., cortados por fracturas angostas y mineralizadas de rumbo E-W.

En Atacocha la base de esta formación lo conforma un horizonte de chert de color rojizo a negro, luego se presentan lutitas pizarrosas, areniscas de grano fino a grueso.

La presencia de chert brechado sugiere la existencia de una cubeta marina que fue afectada por tectonismo originando el plegamiento de los estratos.

El espesor de esta formación en el sector de Atacocha es de 300 m.

El Grupo se divide en tres formaciones:

- Formación Chimú.
- Formación Santa.
- Formación Carhuaz.
- Formación Farrat.

Depósitos Fluvio-glaciares (Cuaternario)

Rellenando depresiones, se encuentran acumulaciones de morrenas y depósitos fluvio-glaciares, asociados en sus partes terminales con material aluvial y lacustre.

Rocas Ígneas

El magmatismo en la región, se manifiesta con estructuras volcánicas de composición calcoalcalina que se encuentran íntimamente relacionados a los depósitos minerales.

Estas estructuras, corresponden a un grupo mucho más amplio en su distribución y han sido clasificados como Stocks de Alto Nivel por J. Cobinng (1979).

El magmatismo se expresa en su fase volcánica a subvolcánica, en menor proporción plutónica, variando de dioritas, Qz. monzonitas y granodioritas (en sus equivalentes volcánicos)

La actividad magmática se desarrolló entre 10 – 15 m.a. correspondiendo al mioceno medio superior. En Cerro de Pasco están alineados en direcciones norte sur y emplazadas a lo largo de fallas con la misma dirección

4.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

En cerro de Pasco, resaltan los grandes alineamientos en dirección N-S y NW-SE, resaltando la falla longitudinal inversa de Cerro de Pasco, que parece ser contemporánea con el plegamiento.

Pliegues

El distrito presenta pliegues paralelos con rumbo N – S cuyos planos axiales están inclinados al este y fueron originados por las Fases Peruana e Incaica.

Al este del Yacimiento se observan pliegues menores transversales al plegamiento regional, con planos axiales casi E - W y buzamiento al norte. Pertenecen a este grupo el Sinclinal de Matagente (cuyo eje tiene rumbo N 70 - 80° E y se inclina aproximadamente 15° al este) y

Otros pliegues paralelos; y el Domo de Patarcocha. Estos fueron formados después de los pliegues mayores y están afectados por las fallas sinestrales de rumbo NW - SE de la tectónica Miocena - pliocena.

Las estructuras mayores están constituidas por:

- a.- El Sinclinal Cacuán-Yurajhuanca:** Situado al oeste, está constituido por los sedimentos continentales de la Formación Casapalca.
- b.- El Anticlinal de Cerro de Pasco-Marcapunta:** Exhibe en su núcleo filitas del Grupo Excelsior en la parte norte y clástica continentales del Grupo Mitú en el sur. La culminación máxima del núcleo, probablemente está ubicado a pocos centenares de metros al sur de la estructura volcánica, donde el Excelsior tiene 3.5 Km. de ancho de afloramiento. El anticlinal ha sido cortado por un sistema de fallas paralelas pre-minerales de rumbo NW - SE y buzamiento hacia el SW, localizados al norte de la estructura volcánica.
- c.- El Sinclinal Yanamate-Colquijirca:** Situado al este, está constituido por las calizas del Pucará en la parte norte y sedimentos calcáreos de la Formación Casapalca en el sur.

Fallas

A partir del análisis de conjuntos de fracturas hecho por N. Rivera (1,970) y R. Rogers, se sugiere que en las diferentes épocas se han desarrollado 7 conjuntos de fracturas. Dichos conjuntos son:

- a.- Fallas Longitudinales:** Limitan la estructura positiva de Cerro de Pasco y son herencia de la Tectónica Herciniana. Al este la Falla Longitudinal con rumbo promedio N 10° - 15° W y buzamiento 60° - 65° E y al oeste la Falla Río San Juan-Venencocha de rumbo N 5° - 10° E.

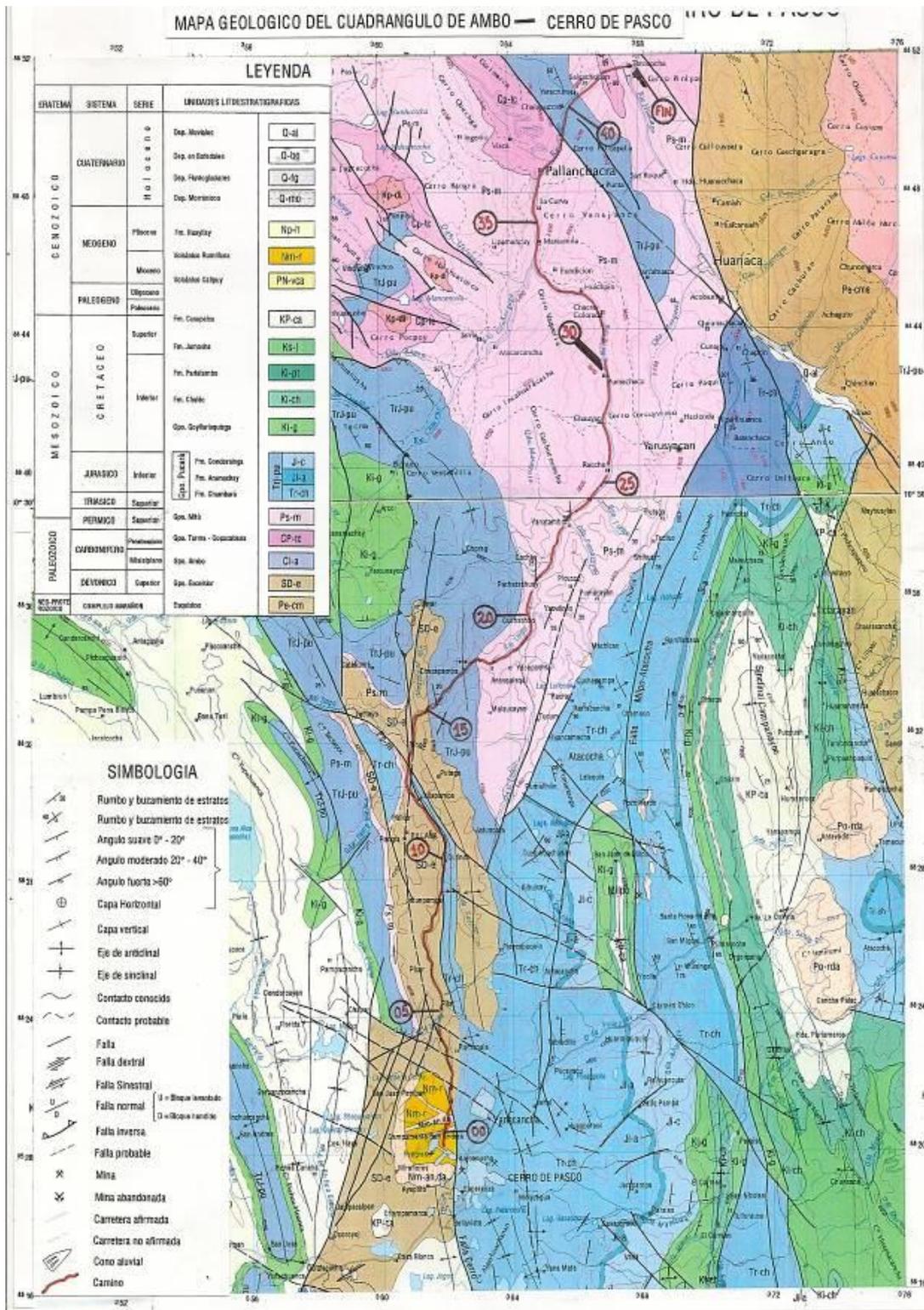
La Falla Longitudinal se caracteriza por ser una zona brechada y fracturada de 30 - 50 m de ancho y que a través del tiempo geológico, ha actuado en respuesta de la Fase Tectónica dominante, así; durante la sedimentación del Pucará ha jugado como falla normal hundiendo el bloque oriental, la cual se manifiesta por el cambio de facies evidentes en la región. De acuerdo a Jenks (1,951) también actuó como una falla regional inversa controlando la sedimentación terciaria, lo cual fue demostrado por los trabajos de C. Ángeles.

b.- Fallas Oblicuas al plegamiento regional: A este conjunto pertenecen el sistema de Huislamachay - Yurajcancha (de rumbo NW -SE) y su conjugada Yurajhuanca (de rumbo NE - SW). El primer sistema ha desplazado al plegamiento regional y las fallas longitudinales. Es probable que la intersección de estos sistemas originara una zona de debilidad para la formación de la estructura volcánica.

c.- Fallas Circulares: El margen del respiradero circular (aproximadamente 2 Km de diámetro) está definido por el contacto entre el Aglomerado Rumiallana con las calizas Pucará, las filitas Excélsior. En otros lugares brechas heterogéneas o un intenso plegamiento de las filitas a más o menos 1 m del respiradero evidencian el deslizamiento de colapso a través de estas fallas.

4.5. GEOMORFOLOGÍA

La superficie que presenta el área de estudio es el resultado de los procesos endógenos, tectónicos, erosivos y geodinámicos que se han desarrollado y vienen desarrollándose en este territorio a lo largo de millones de años. El tectonismo andino de edad Cretácica – Terciaria es el responsable del modelado de la superficie de la región, el cual ha deformado las rocas del Paleozoico y Jurásico-Triásico, primeramente, elevándolas y comprimiéndolas; posteriormente, se produjeron etapas de erosión en el Plio-Pleistoceno a fines del Neógeno del tipo fluvio glaciar y posteriormente fluvial hasta el presente, los cuales produjeron la erosión completa de las secuencias Cretáceas en el sector de la carretera y el modelado actual de la superficie en: Colina de Roca Metamórfica, Montaña de Roca Sedimentaria, Vertiente Coluvio – Deluvial y Colina de Roca Intrusiva (Mapa 3). Estos procesos tectónicos y erosivos en la zona de estudio crearon la siguiente unidad geomorfológica:



Mapa 2: Mapa Geológico Regional de la Zona de Estudio.

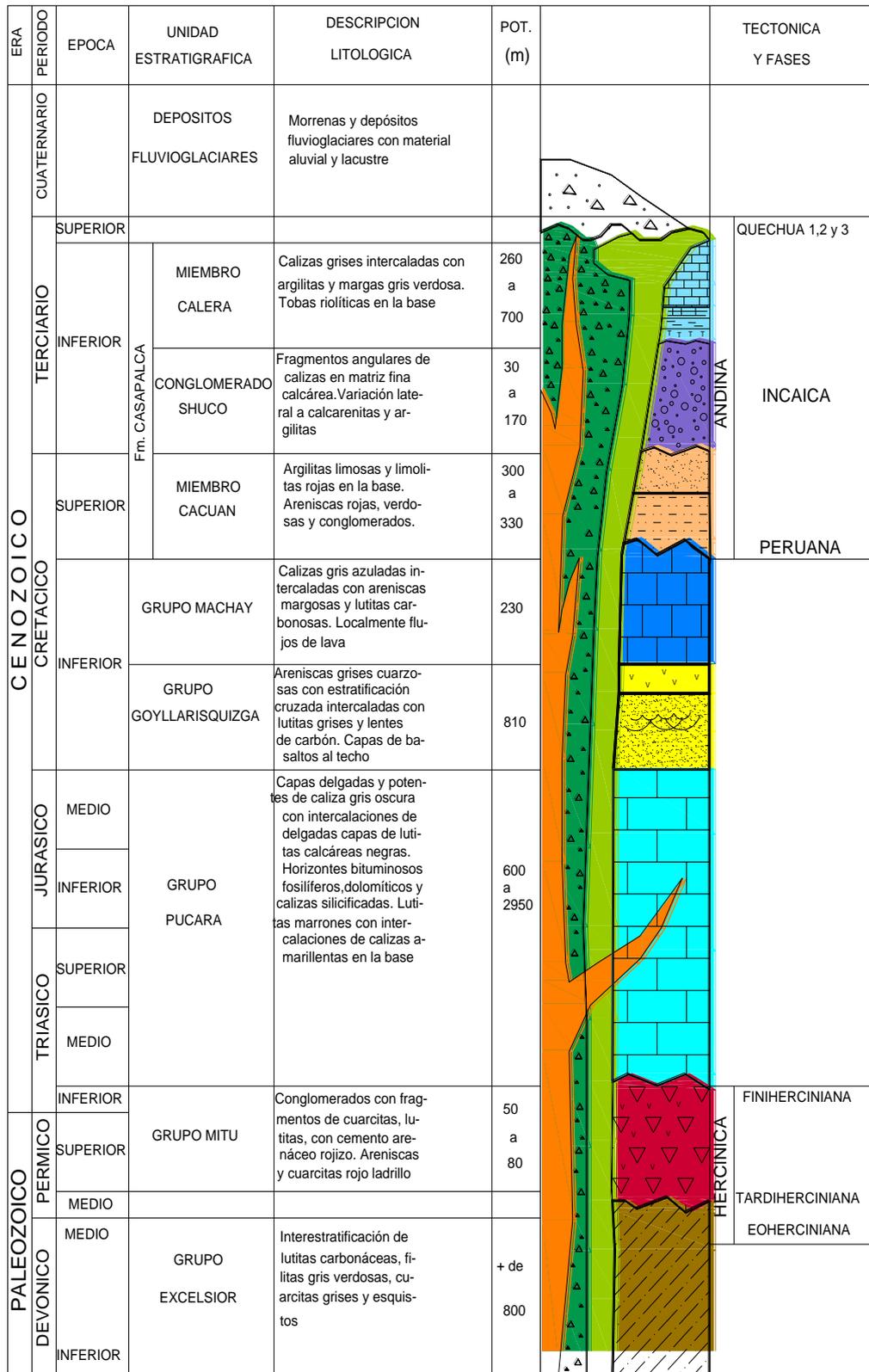
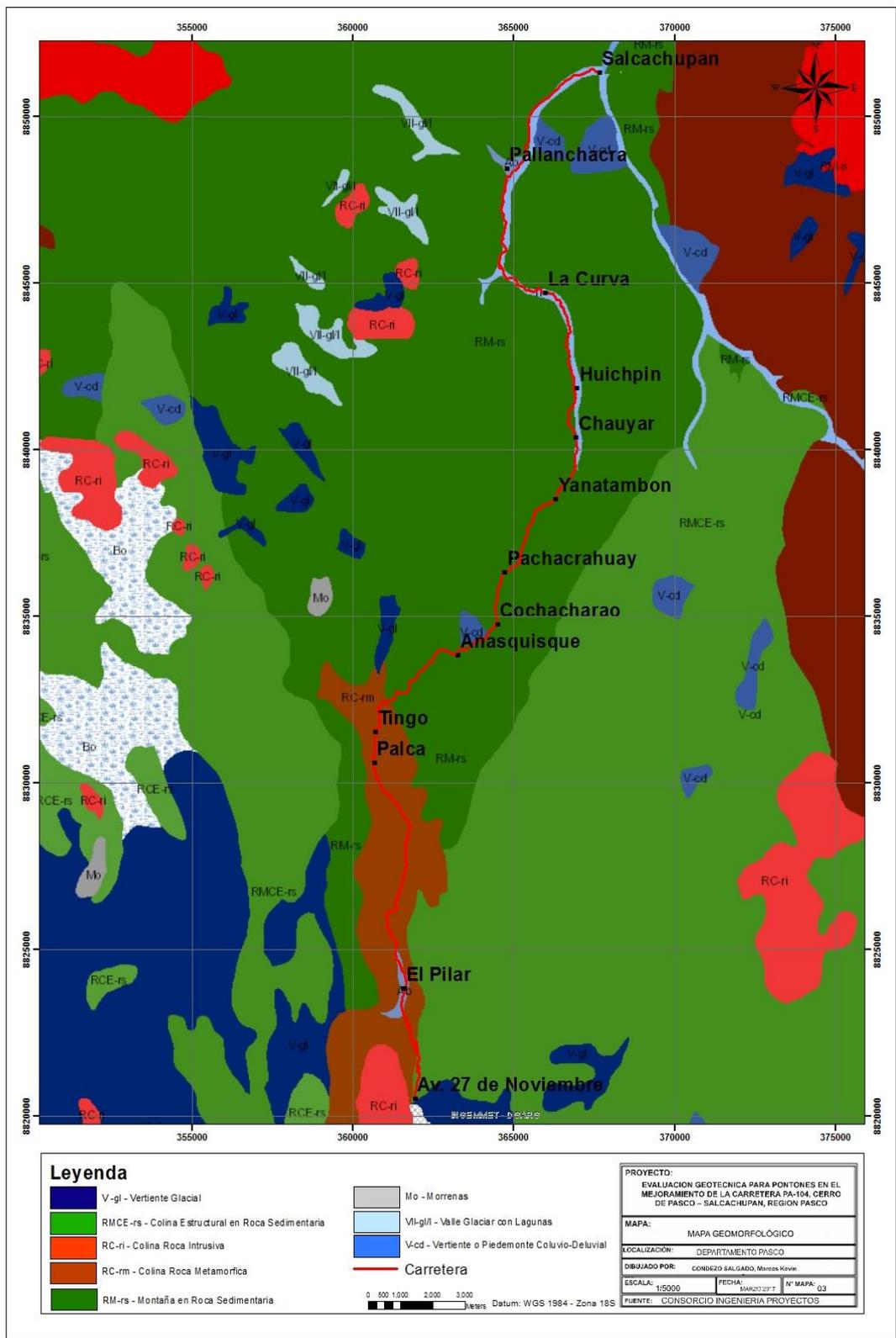


Imagen 2: Columna Litoestratigráfica Regional.



Mapa 3: Mapa Geomorfológico de la Zona de Estudio.

Esta unidad está conformada por los flancos y el cauce del río Tingo y sus principales quebradas tributarias, el desplazamiento de la vía es a lo largo de todo el valle, desde sus nacientes hasta muy cerca de su desembocadura en el río Huallaga.

Localmente, esta unidad se ubica por debajo de la unidad de Altiplanicie (al sur de la zona de estudio), en promedio desde los 2,790 m.s.n.m. en el poblado de Salcachupán hasta los 4,320 m.s.n.m. en las nacientes del río Tingo (altura de la progresiva Km. 0+500). Esta unidad se caracteriza por presentar generalmente flancos de pendientes moderadas a fuertes las cuales dan directamente al cauce del río, configurando una sección típica en "V"; los fondos de los valles están conformados por pequeñas terrazas fluvio aluviales, así mismo, en las partes terminales de las quebradas tributarias se ubican pequeños conos de deyección aluviales de escaso volumen.

El valle se encuentra en proceso de profundización con un previo modelado fluvio glacial en las partes altas (Km. 0+500 a Km. 5+000) y posteriormente netamente fluvial, observándose varias etapas de erosión a lo largo de toda la zona de estudio con una acción fluvial constante y prolongada afectando ciertos sectores de la plataforma vial, los cuales serán tratados individualmente en el Capítulo de Geodinámica.

Las ladera de estos valles se encuentran cubiertos en partes por una capa de algunos metros de espesor conformado por materiales: coluviales, aluviales y residuales, los cuales en algunos sectores son muy sensibles a la acción antrópica; es decir, al corte de taludes, para el ensanchamiento de la carretera y la deforestación.

En general, la vía se desplaza sobre terrazas de variado origen, las cuales son geoformas llanas de forma alargada y estrechas, las que se encuentran encajonadas entre las laderas de los valles. Espacialmente se encuentran ubicadas en los fondos de los valles y quebradas; están constituidas por materiales clástico. Así mismo, la vía se encuentra cortando taludes rocosos que, en general, se presentan estables salvo algunos en donde la dirección de las discontinuidades coinciden con la dirección del talud de corte de la carretera y/o el grado de fracturamiento es intenso, ocurriendo pequeños derrumbes.

Dentro de esta unidad regional se pueden distinguir dos unidades locales que se diferencian esencialmente por el grado de pendiente de sus taludes: (i) Unidad de Laderas de Pendiente Suave a Moderada; y, (ii) Unidad la que presenta pendiente moderada a Fuerte.



Foto 1: Vista del Valle del río Tingo desde Km. 4+000 hacia adelante.

Unidad de Ladera de Pendiente Suave a Moderada

La unidad de Ladera de Pendiente Suave a Moderada, localmente está conformada por afloramientos de lutitas pizarrosas filitas y areniscas del Grupo Excélsior, secuencias de areniscas y areniscas limosas fracturadas y alteradas del grupo Mitú y depósitos cuaternarios recientes, constituyendo una superficie de topografía suave a moderada con laderas de pendientes de entre 15° a 30° , este espacio se encuentra bisectado por varias quebradas tributarias. Parte de esta zona es aprovechada para la agricultura, el pastoreo y el asentamiento de viviendas. En los primeros kilómetros de la vía la topografía es la típica de un valle de origen glaciar, rudimentariamente trabajado por la erosión fluvial, actualmente la erosión fluvial y la erosión por escorrentía superficial son los principales agentes modeladores de esta unidad.

Esta Unidad se encuentra ubicada entre las progresivas Km. 0+000 a Km. 10+000; Km. 18+000 a Km. 30+900 y Km. 35+500 a Km. 42+102 (fin del tramo). Se caracteriza por presentar sectores afectados por pequeños deslizamientos, hundimientos y derrumbes originados por problemas de drenaje y calidad de suelos.



Foto 2: Unidad de Ladera de pendiente suave a moderada
Km. 3+000

Unidad de Ladera de Pendiente Fuerte a Encañonada

Se encuentra constituida por parte del valle del río Tingo, posee pendientes moderadas a fuertes entre 30° a 50° en promedio, volviéndose encañonada en partes. Presenta pequeñas terrazas al pie de los taludes; sus flancos están constituidos principalmente por afloramientos rocosos pertenecientes al Grupo Pucará y las secuencias más competentes al Grupo Mitú; cubriendo estas rocas tenemos suelos gravo-arcillosos a gravo-limosos producto de la meteorización de las rocas sedimentarias mencionadas.

Sobre esta unidad se ha encontrado una zona de un deslizamiento superficial y una zona de caída de derrubios, los que se tratarán en Geodinámica.

La vía se emplaza sobre esta unidad entre las progresivas: Km. 13+800 a Km.18+000 y .30+900 a Km. 35+500, siendo la zona encañonada la progresiva Km. 16+000 al Km. 16+600.



Foto 3: Unidad la que presenta pendiente moderada a fuerte.

(Nótese la inclinación de la ladera, en promedio $> 30^\circ$, *Vista tomada desde el Km 20+000*).

Unidad de Quebrada

Morfología de extensión local emplazada en una depresión natural producida por procesos erosivos hídricos principalmente, cuyo

origen en muchos casos es tectónico. Están constituidos por el cauce, las terrazas y las laderas.

El grado de actividad en esta unidad local es menor en las diferentes quebradas, afectando levemente las laderas con la generación del ensanche de las paredes del cauce y en el cauce propiamente dicho, produciendo leve socavación; en algunos casos la socavación es nula y se aprecia una incipiente colmatación de la estructura. Estos procesos geomorfológicos se repiten en cada uno de los puentes y pontones estudiados.



Foto 4: Socavamiento y ensanchamiento de las paredes del cauce Km. 15+847.

Unidad de Ladera

Está constituida por diversas formas de superficies (regulares y/o irregulares) conformadas por los taludes o también llamado flancos de las quebradas, las que poseen taludes de variada pendiente. Se encuentran conformadas generalmente por suelos residuales y aluvionales, en menor cantidad por rocas o combinaciones de

ambos. Sobre esta superficie se asientan los apoyos de los puentes y pontones. Esta superficie es afectada por la erosión lateral producida por las corrientes de agua y los materiales terrígenos que transporta.



Foto 5: Pontón apoyado sobre talud en el Km. 28+938.

Unidad de Cauce

Esta unidad se encuentra constituida por las áreas inundables y/o el nivel máximo del cauce del río o quebrada; viene a ser la porción de terreno por donde circulan las aguas de escorrentía superficial de los cursos hídricos. Esta unidad es afectada por el proceso erosivo de socavamiento del lecho por acción del flujo del agua que discurre por él en las épocas de lluvias intensas y/o extraordinarias. El cauce está conformado de depósitos aluvionales, aluviales y fluviales, constituidos por gravas sub-redondeadas, arenas, limos y arcillas inconsolidados.

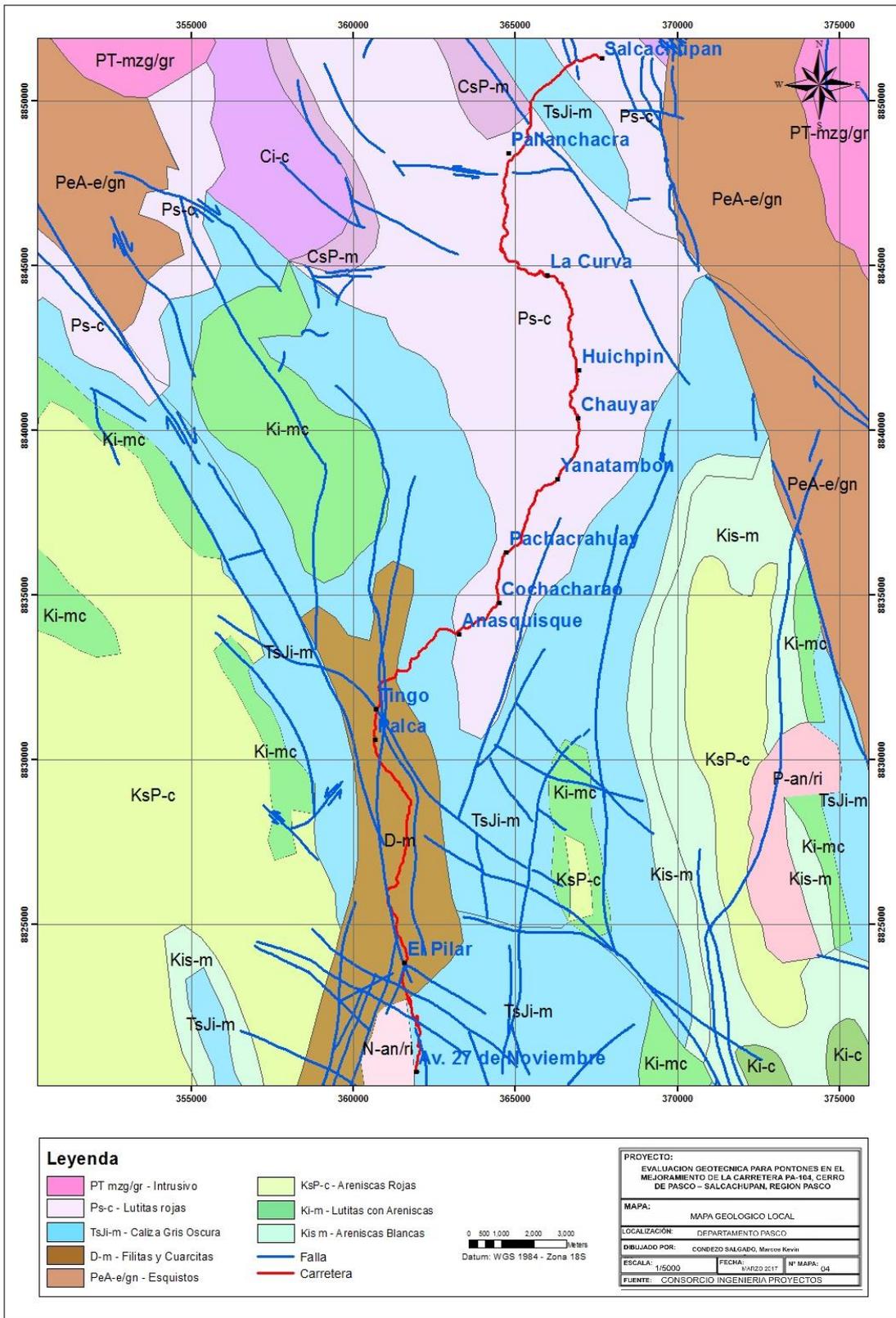
Unidad de Terraza

Se ubica en los márgenes de las quebradas, se encuentra conformada por superficies sub horizontales a manera de mesas denominadas terrazas, estas son áreas que constituyen antiguas llanuras de inundación de las quebradas que se ubican en el área. Están conformadas por una mezcla de fragmentos rocosos heterogéneos, sub-angulosos a sub-redondeados, entremezclados con arenas, limos y arcillas.

4.6 ESTRATIGRAFÍA LOCAL

Localmente solo aflora las unidades lito-estratigráficas de los Grupos Excélsior, Ambo, Mitú, Tarma – Copacabana, Pucará y los depósitos Cuaternarios se hallan cubriendo en partes los afloramientos rocosos, los que de acuerdo a su génesis se han clasificado en glaciares, aluviales, coluviales y residuales; algunos sectores de estos depósitos son afectados por fenómenos de deslizamientos, derrumbes, hundimientos y erosión fluvial.

En esta sección detallaremos la sucesión de rocas, estratos rocosos y depósitos que se han formado en esta área a través del tiempo geológico y se encuentran aflorando en la actualidad (Mapa 4).



Mapa 4: Mapa Geológico Local de la Zona de Estudio.

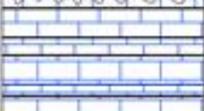
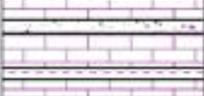
COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA DEL AREA DE ESTUDIO						
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD	GRÁFICO	DESCRIPCIÓN	Susceptibilidad a Procesos Geodinámicos
CENOZOICO	CUATER.	RECIENTE	Dep. fluvial		- Gravas con clastos polimicticos sub redondeados con matriz limo arenosa, mantos de limos arenoso.	- Depositos sensibles a erosión por escorrentía superficial y fluvial.
			Dep. residual		- Arenas, limos y arcillas inconsolidadas.	- Sensibles a deslizamientos.
			Dep. coluvial		- Gravas sub angulosas con matriz areno limosa inconsolidadas.	- Depositos sensibles a erosión por escorrentía superficial y derrumbes.
			Dep. aluvial		- Arenas y gravas redondeadas inconsolidada.	- Muy estables, sensibles a erosión superficial.
			Dep. morrenico		- Gravas con clastos polimicticos sub angulosos con matriz limo arenosa a limo arcillosa inconsolidada.	- En general estos depositos son muy estables, son afectados por erosión por escorrentía superficial.
MESOZ.	JURÁSICO	SUPERIOR	Gpo. PUCARA		Calizas competentes grises en estratos gruesos a medianos, muy esporadicamente niveles delgados de lutitas grises.	- En general esta formación no presenta problemas geodinámicos relevantes, el problema principal desde el punto de vista ingenieri lo representa la altura de sus taludes.
	TRIÁSICO	INFERIOR				
PALEOZOICO	PERMICO	SUPERIOR	Gpo. MITU		Intercalaciones de areniscas de grano fino a medio, de color pardo claro a pardo rojizo, intercalados con niveles de conglomerados con matriz areniscosa bien competentes y areniscas limosas; en algunos sectores las areniscas se intercalan con niveles de lutitas grises en paquetes delgados.	- Estos afloramientos se presentan estables, se observa pequeños derrumbes producto de la erosión diferencial de la roca.
		INFERIOR	Gpo. TARMA - COPACABANA		Estratos de calizas gris claro en paquetes medianos, alterados con lutitas y estratos de areniscas.	En general estos afloramientos se presentan fracturados pero estables. La meteorización de estas rocas produce suelos gravo arenoso con matriz limo arcillosa generalmente muy estable, en los sectores donde afloran los niveles de lutitas y l areniscas limosas los suelos residuales son mas arcillosos y sensibles a deformación vertical por efectos de la saturación.
	CARBONIFERO	MISISIPIANO	Gpo. AMBO		Lutitas negras, areniscas y conglomerados con intercalaciones de ignimbritas.	- Los afloramientos de esta secuencia rocosa se ubican en las inmediaciones de la carretera muy alteradas y cubiertas por una capa de suelo arcilloso sensible a hundimientos.
	DEVÓNICO SILURICO	SUPERIOR	Gpo. EXCÉLSIOR		Secuencias de lutitas y pizarras negras, filitas y cuarcitas fracturadas, los afloramientos se presentan superficialmente alterados.	- En general estas rocas en las inmediaciones de la carretera se encuentran alteradas y muy fracturadas, razón por lo cual mayormente se encuentran cubierta por una capa de suelo arcilloso de origen residual, sensible a hundimientos locales de la carretera de no existir obras de drenaje apropiadas

Imagen 3: Columna estratigráfica Local

Grupo Excélsior

El Grupo Excélsior representan las rocas más antiguas cronológicamente ubicado en el Paleozoico (Silúrico - Devónico) en la zona de estudio se encuentran conformadas por niveles de filitas y pizarras de color gris pardusco con variaciones a gris verdoso, con abundantes intercalaciones de delgados horizontes de cuarcitas de color crema; estas rocas en las inmediaciones de la carretera se encuentran alteradas y muy fracturadas, razón por la cual, mayormente, se encuentran cubiertas por una capa de suelo arcilloso de origen residual, sensible a hundimientos locales de la carretera de no existir obras de drenaje apropiadas.

La carretera se encuentra cortando estos afloramientos de esquisto con intercalaciones de filitas de color gris verdoso aproximadamente desde el Km.1+175 hasta Km.12+850; los afloramientos de filita gris se encuentran aproximadamente el Km.3+860 y en el Km. 6+180, cuarcita recristalizada en el Km.4+900 alternando con depósitos cuaternarios recientes del tipo residual y coluviales ,con laderas de poca pendiente la cual se incrementa a medida que gana altura, este valle gradualmente se va tornando en un valle netamente fluvial.



Foto 6: Afloramiento de lutitas pizarrosas del Grupo Excélsior.



Foto 7: Lutitas grises pertenecientes al Grupo Ambo.

Grupo Ambo

El Grupo Ambo cronológicamente ubicado en el Carbonífero – Misisipiano ha sido reconocido sólo en una pequeña franja en el área y está conformado por algunos niveles bituminosos de lutitas carbonaceas por la presencia de materia orgánica y presentan fósiles de plantas.

La carretera se encuentra cortando estos afloramientos de lutitas alteradas en el Km.37+200 ocasionando deformación y rotura de taludes.

Grupo Tarma – Copacabana

Cronológicamente se encuentra ubicado en Pensilvaniano – Pérmico Inferior, En general estos afloramientos se presentan fracturados pero estables, La meteorización de estas rocas produce suelos gravoarenoso con matriz limoarcillosa generalmente muy estable, en los sectores donde afloran los niveles de lutitas y areniscas limosas los suelos residuales son más arcillosos y sensibles a deformación vertical por efectos de saturación.

La carretera se encuentra cortando estos afloramientos de lutita verdosa alteradas aproximadamente desde el Km.27+520; Km.29+170 hasta Km.29+400; generando deformación de taludes se encuentran alternando con depósitos cuaternarios.



Foto 8: Lutitas Verdosas pertenecientes Al Grupo Tarma - Copacabana.

Grupo Mitú

El Grupo Mitú, en la zona de estudio, se encuentra conformada de lutitas, areniscas, conglomerados con clastos subredondeados a angulosos de naturaleza volcánica, que sobreyacen en fuerte discordancia angular al Grupo Excélsior.

La meteorización de estas rocas produce suelos gravosos con matriz areno-arcillosa, generalmente muy estable. En los sectores donde afloran los niveles de lutitas, los suelos residuales son más arcillosos y sensibles a deformación vertical por efectos de la saturación. En general, estos afloramientos se presentan fracturados, pero estables.

La carretera se encuentra cortando estos afloramientos de derrame lávico cronológicamente pertenece al pérmico superior, aproximadamente desde el Km. 0+800 a Km.1+200; Lutita con intercalaciones de areniscas calcáreas perteneciente a la fase molásica del Grupo Mitú presentan bandeamiento de OxFe se encuentran en el Km. 11+900 a Km.19+200; Km. 21+600 a Km. 33+200 generando deformaciones de taludes en la vía, también brecha volcánica en Km. 33+400 hasta Km.34+100 estos afloramientos son alternados con depósitos cuaternarios recientes del tipo residual, coluviales y aluvionales.



Foto 9: Derrame lávico perteneciente al Grupo Mitu
Km. 0+800; Km. 1+200.



Foto 10: Lutita con Intercalaciones de arenisca
pertenecientes al grupo Mitu.



Foto 11: Brecha Volcánica pertenecientes
al Grupo Mitu, Km. 27+780.

Grupo Pucará



Foto 12: Caliza bituminosa perteneciente al grupo Pucara. Km. 16+800.

Seguidamente la vía se desplaza y/o corta afloramientos de calizas grises muy resistentes y estables pertenecientes al Grupo Pucará (Triásico superior a Jurásico inferior), esta formación también es atravesada en un tramo antes de terminar la vía en estudio.

La secuencia del Pucará consiste en Calizas de color gris claro granos medianos (packstone) se distinguen nódulos de chert las cuales pudieron haber sufrido una intensa silicificación mayormente se presenta en estratos delgados (10 a 30 cm.) y azimut entre N344-N326 con buzamientos de 19SW - 78SW ya que es una roca dura de resistencia de media a alta producirá dificultad de arranque y abrasión.

La morfología que predomina en estos afloramientos es la de un valle cerrado a valle encañonado, con taludes altos, razón por la cual en el sector más encañonado el ancho de vía es en promedio

igual a 4 metros. En contraparte, estos taludes generalmente se presentan muy estables. Esta formación no presenta problemas geodinámicos relevantes, el problema principal, desde el punto de vista ingenieril, lo representa la altura de sus taludes, en el caso que se requiera ampliar el ancho de la vía demandaría un gran movimiento de material rocoso.

La carretera se encuentra cortando estos afloramientos Caliza aproximadamente desde el Km.0+500 hasta 0.700; Km.2+300 hasta Km.2+500; Km.10+300 hasta Km.11+450; Km.15+000 hasta Km.16+800; finalmente Km.40+800 hasta Km.41+300 se encuentran alternando con depósitos cuaternarios.



Foto 13: Afloramiento de Calizas Grises pertenecientes al Grupo Pucara.

Depósitos Cuaternarios

Vienen a ser los materiales producidos por la descomposición físico-químico de las rocas preexistentes en los últimos miles de años, los cuales han sido transportados o no y en general se

encuentran sin consolidar o poco consolidadas, solo en algunos casos parcialmente cementados por carbonatos. Estos depósitos se clasifican de acuerdo a su génesis en suelos residuales, coluviales, morrénicos y aluviales.

En general, estos depósitos en estado natural se encuentran estables, pero al ser alterados (disturbados) pueden desestabilizarse produciéndose en ellos deslizamientos, derrumbes y deformaciones verticales (hundimientos). Los suelos residuales arcillosos al ser saturados son los más sensibles a la ocurrencia de hundimientos y deslizamientos como se ha visto en algunos sectores de la vía.

En la zona de estudio encontramos los siguientes depósitos:

Depósitos Residuales

Están compuestos por arenas, limos y arcillas, esporádicamente presentan gravas: Son el producto de la meteorización "in situ" de rocas preexistentes y que se encuentran aflorando en los alrededores, en especial de las secuencias pelíticas (lutitas) formando los llamados suelos residuales o aluviales; estos se encuentran poco consolidados o parcialmente compactos, cubriendo, en parte, los afloramientos rocosos con una capa generalmente delgada, que puede llegar a unos pocos metros de espesor. En la zona de estudio se encuentra con espesores importantes en sectores irregulares a lo largo de la vía,

generalmente en los lugares cóncavos, formando un suelo de cobertura.

Estos tipos de depósito se presentan formando zonas llanas y/o taludes de poca altura, generalmente menores a 2 metros; presentan una mediana plasticidad y estabilidad moderada, se vuelven inestables cuando se encuentran saturados, generalmente por periodos de fuertes lluvias y la carencia de obras de drenaje. En la carretera bajo estudio se han inventariado zonas con leves hundimientos y pequeños deslizamientos acontecidos sobre los depósitos residuales. Estos depósitos se clasifican como material suelto.

Depósitos Aluvionales

Son depósitos que han sido transportados como flujos de lodo, se encuentran conformando terrazas de antiguos niveles del río Tingo y conos de deyección de antiguas quebradas mayores; están formados por una mezcla de bloques, bolones y gravas englobados en una matriz de arenas y limos, generalmente mal graduados, de bordes sub-redondeados, de espesores variables.

Estos depósitos presentan condiciones geotécnicas buenas, baja a mediana plasticidad, presentando taludes de aproximadamente 1:3 (H: V). Generalmente, se clasifican como material suelto, pero hay sectores que, por la cantidad y diámetro de bloques rocosos, se considera una porción de roca suelta. Así mismo se ha identificado

Un sector en donde los depósitos se encuentran cementados con carbonatos (Km. 39+970 a Km. 40+000).



Foto 14: Deposito Aluvional, se observan bloques y bolonería con matriz areno limosa.

Depósitos Coluviales

Estos depósitos se encuentran cubriendo las diferentes laderas de los cerros, mayormente al pie de las laderas. Se han originado por procesos de meteorización física-química, transportados por la acción de la gravedad. Están compuestos por fragmentos angulares de variado tamaño, desde bolones y gravas (aisladamente fragmentos mayores), englobados en una matriz areno-limo y/o limo-arcillosa, de naturaleza cuarcítica, areniscosas, calcáreas y en menos proporción de lutitas.

Estos depósitos, por lo general, tienen poca distancia de transporte en relación a la roca de origen. Se localizan cubriendo las laderas de los cerros con una cobertura de variado espesor, se pueden

apreciar mejor en los cortes del talud realizados en la construcción de la carretera.

Presentan una compacidad de moderada a buena, pudiendo aprovecharse como materiales de relleno si los fragmentos rocosos (de calizas y areniscas solamente) se encuentran poco meteorizados y/o alterados. Se clasifican como material suelto.

En taludes naturales, con cubiertas vegetales, estos depósitos se presentan estables, pero en cortes artificiales, desprovistos de vegetación, son propicios al inicio de desplazamientos del tipo derrumbes, también son afectados por la erosión por escorrentía superficial, primeramente formando surcos y luego cárcavas muy profundas que reducen el ancho de la plataforma de la carretera. Estos fenómenos se podrán controlar con la implementación de un buen sistema de drenaje (cunetas y alcantarillas) y un buen diseño de corte de los taludes donde se ubiquen este tipo de sedimento.



Foto 15: Corte de talud sobre deposito coluvial ubicado Km. 2+000.

Depósitos Fluviales

Estos materiales se encuentran en la parte media a baja del cauce del río Tingo, formando el lecho mismo y pequeñas playas. Los sedimentos son polimícticos e inconsolidados, se encuentran compuestos por cantos, gravas de formas sub-redondeadas a redondeadas, con matriz de arenas y limos; en las llanuras de inundación, los depósitos son secuencias areno-limosas intercaladas con capas de gravas sub-redondeadas.

La vía no atraviesa estos depósitos, pero los mismos forman parte del entorno geológico regional.



Foto 16: Vista de depósito fluvial perteneciente al río Tingo Km. 29+500.

4.7 Geoestructuras

El tectonismo principal que domina estas latitudes es consecuencia del tectonismo regional del Perú, con énfasis al centro del país. Las estructuras presentes son el resultado de varias etapas de procesos tectónicos pertenecientes al Ciclo Andino, el cual deformó

la superficie pre-existente dejando como consecuencia pliegues y fallas de decenas de kilómetros, las fallas presentan dos direcciones preferenciales NO-SE y N-S, por otro lado, los pliegues poseen una dirección preferencial NO-SE.

Pliegues

La carretera, en su desarrollo, atraviesa varias estructuras de este tipo, el pliegue se caracteriza por presentar rumbos al N y cuyos planos axiales están inclinados al E. La intensidad del plegamiento regional se incrementa hacia el E en la cercanía de la falla longitudinal.

Fallas

No se ha identificado fallas del tipo estructural activas, esto debido a que gran parte de los afloramientos se encuentran cubiertos por depósitos cuaternarios sobre los cuales no se evidencia actividad reciente. Se ha observado espejos de fallas en los taludes de una cantera reciente a la altura del Km. 8+150, la dirección preferencial es: Az. N160° y Bz. Vertical, no hay evidencia de que se encuentre activa, dado que los materiales superficiales no se encuentran disturbados, tampoco se observa indicios de asentamientos en la plataforma adjunta.



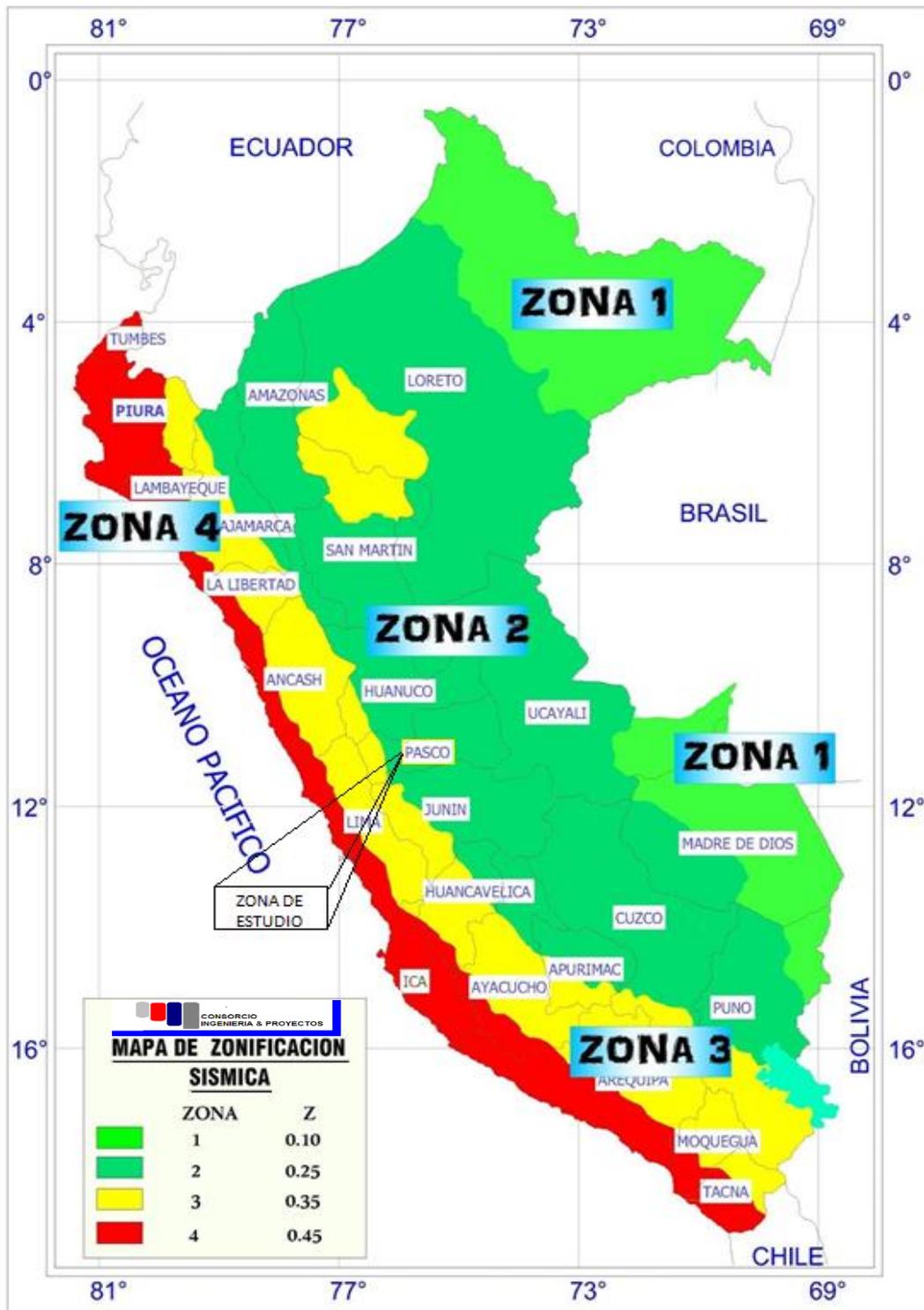
Foto 17: Falla de Tipo Normal con $R_b:130^\circ$.

Cizallamientos

Viene a ser el fracturamiento de la matriz rocosa debido a las fuerzas de compresión por los procesos tectónicos, los mismos que han originado el debilitamiento de la estructura rocosa original, incrementando, en gran medida, el efecto de la meteorización en las zonas expuestas y más superficiales, originando la mayoría de las quebradas secundarias presentes en el área.

4.8 Características Sísmicas

El Instituto Geofísico del Perú (IGN) ha elaborado un mapa del territorio peruano en el que se establece 3 zonas de actividad sísmica (Zona I, Zona II y Zona III), las cuales presentan diversas características de acuerdo a la mayor o menor actividad sísmica. Este mapa denominado Mapa de Zonificación Sísmica, ha sido tomado para elaborar la “Norma Técnica de Edificación E.030: Diseño Sismorresistente”, del Reglamento Nacional de Construcciones, que fue aprobada por la Resolución Ministerial N° 494-97 MTC/15.04, el 14 de octubre de 1997, referida en adelante como Norma-1997.

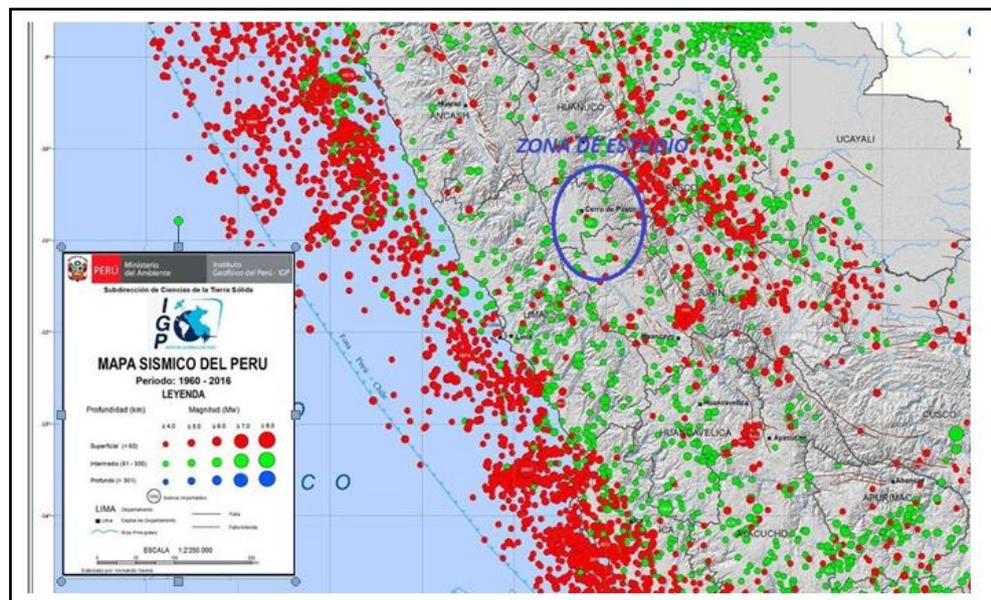


Mapa 5: Mapa de Zonificación Sísmica.

32REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO	
PASCO	OXAPAMPA	OXAPAMPA	2	TODOS LOS DISTRITOS	
		CHONTABAMBA			
		HUANCABAMBA			
		PALCAZU			
		POZUZO			
		PUERTO BERMÚDEZ			
		VILLA RICA			
	PASCO	PASCO	HUACHÓN	2	OCHO DISTRITOS
			HUARIACA		
			NINACACA		
			PALLANCHACRA		
			PAUCARTAMBO		
			SAN FRANCISCO DE ASÍS DE YARUSYACÁN		
			TICLACAYÁN		
			YANACANCHA		
			CHAUPIMARCA (c.		
	HUAYLLAY				
	SIMÓN BOLIVAR				
	TINYAHUARCO				
	VICCO				
	DANIEL A. CARRIÓN	DANIEL A. CARRIÓN	YANAHUANCA	3	TODOS LOS DISTRITOS
			CHACAYAN		
			GOYLLARISQUIZGA		
			PAUCAR		
SAN PEDRO DE PILLO					
SANTA ANA DE TUSI					
TAPUC					
VILCABAMBA					

Tabla 1: Cuadro de Zonificación de Sismicidad.

Regionalmente, la faja Sub Andina, donde se encuentra el área bajo estudio (Zona Sísmica 2) muestra la presencia de fallas regionales, tanto longitudinales, como transversales, las que eventualmente podrían ser reactivadas ya que corresponde a zonas sísmicas activas durante el presente siglo. En esta Zona los sismos tienen ocurrencia a profundidades mayores de 20 km., siendo de naturaleza superficial a intermedia y pertenecen a unidades de deformación Mesozoicas y Paleozoicas.

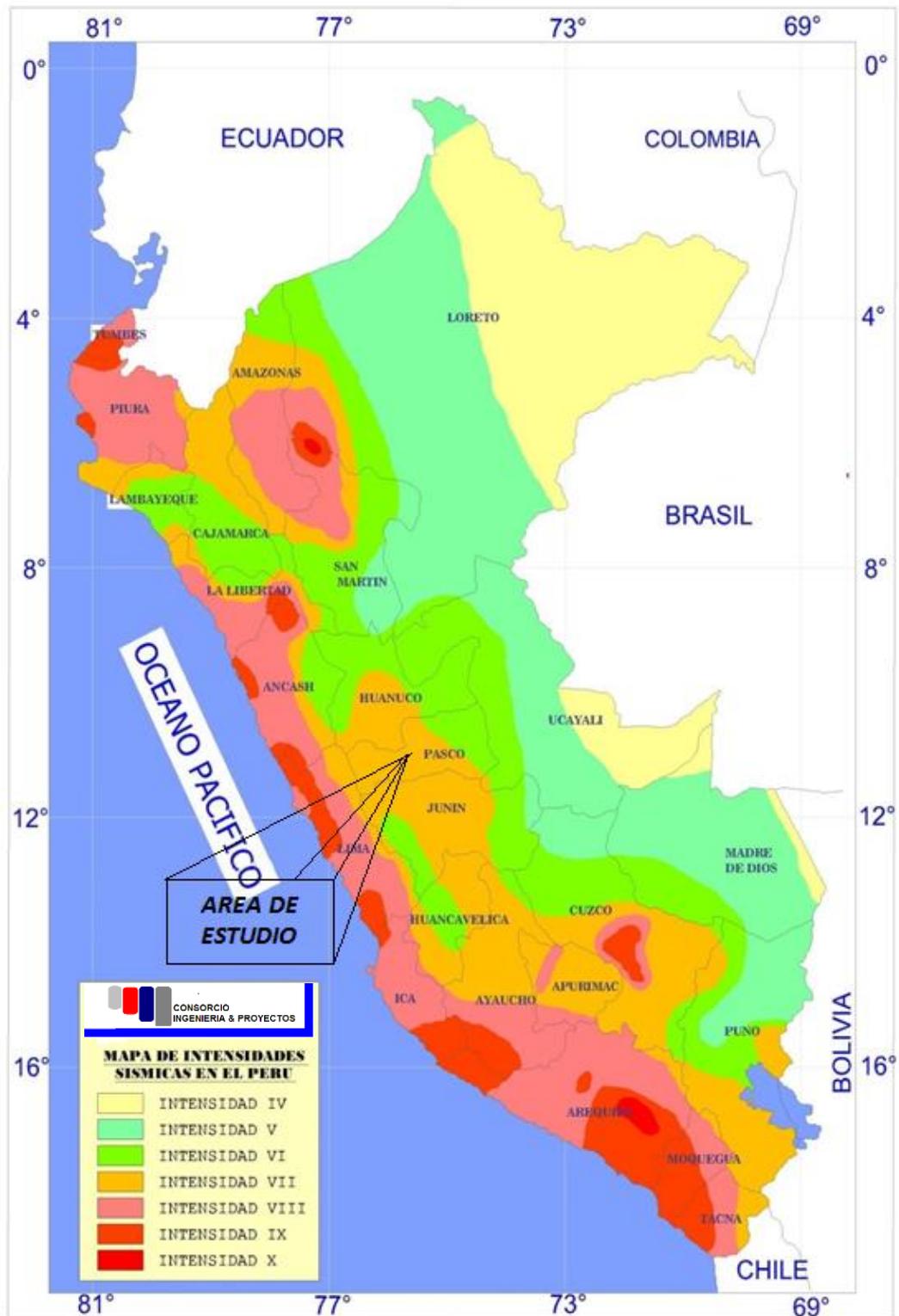


Mapa 6: Mapa de Magnitudes y profundidad de los sismos ocurridos en la zona de sismo.

Referencia: Mapa de Sismicidad del Perú – IGP.

De la figura anterior se determina que la zona de estudio está expuesta a una actividad sísmica de naturaleza superficial a intermedia, con sismos que tienen ocurrencia a profundidades mayores de 20 km., siendo de naturaleza superficial a intermedia, pertenecen a unidades de deformación Mesozoicas y Paleozoicas.

Para el proyecto, según el mapa de Intensidad Sísmica que se anexa y de acuerdo a las normas sismorresistente E-030 del reglamento nacional de edificaciones, que se ubica específicamente en los distritos de Yanacancha, San Francisco de Asis de Yarusyacan y Pallanchacra, Provincia Pasco y Departamento Pasco, le corresponde una sismicidad Moderada, de intensidad VII en la Escala de Mercalli modificado.



Mapa 7: Mapa de Intensidad Sísmica en el área de Estudio
Referencia: Mapa de Sismicidad del Perú – IGP.

4.9 Parámetros geotécnicos según zonificación sísmica

La ocurrencia de sismos es causa fundamental de los procesos de geodinámica externa, Como deslizamientos, derrumbes, desprendimiento de rocas, etc. Estos actúan como disparadores.

La zona presenta una sismicidad moderada, debido a que se encuentra en una zona de mediana sismicidad.

Por tanto el área en estudio se encuentra ubicada en “Zona 2” del mapa de Zonificación Sísmica del Perú, teniendo los parámetros geotécnicos correspondientes que se muestra a continuación:

Factor de Zona	$Z = 0.25$
Perfil de Suelo tipo	S0
Periodo Predominante	$T_p=0.3s$ $T_L=3.0s$
Factor de amplificación del suelo	$S = 0.80$
Factor de Zona	$Z = 0.5$
Perfil de Suelo tipo	S2
Periodo Predominante	$T_p=0.6s$ $T_L=2.0s$
Factor de amplificación del suelo	$S = 1.20$

Concordantemente con un criterio práctico, la normatividad pertinente asume la división del territorio en cuatro zonas (según la norma NT E-0.3) respectivamente, asignándoles sus correspondientes parámetros de aceleraciones máximas, dentro de un rango de probabilidad determinado.

De esta manera, para la Norma NTE 0.30 el proyecto se encuentra ubicado dentro del área de influencia de la Zona 2, para la que se

espera que los factores de iso-aceleración máxima del terreno varíen en los extremos del proyecto entre 0.28 g. en el segmento oriental y 0.30g. en el occidental, con una probabilidad de 10% de excedencia en 50 años, tal como se indica en el Mapa de Distribución de Iso-aceleraciones expuesto en el Catálogo de Diseño de Puentes – Apéndice A (ver Mapa N° 8).

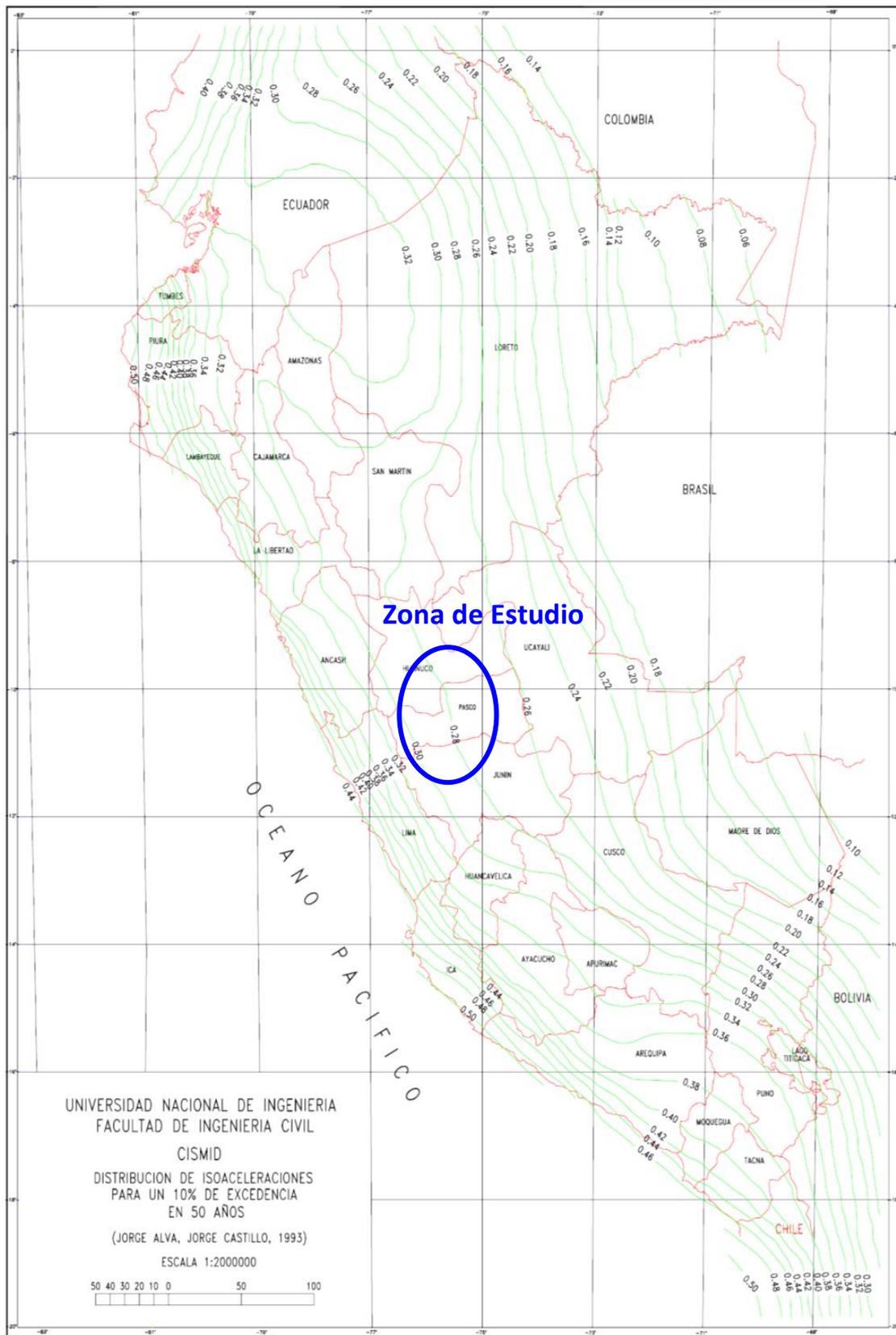
Por consiguiente las características sísmicas de la zona de estudio son las siguientes:

Iso-aceleraciones máxima	:	0.30g
Zonificación Sísmica	:	2
Coefficiente de aceleración (A)	:	0.2
Perfil tipo de suelo (Coeficiente del sitio = S)	:	S1 – S2

Para efectos del diseño, consideramos una vida útil de 50 años con la probabilidad de ser extendidas en un 10 %, conforme lo establece la normativa vigente, así mismo, es usual considerar una aceleración efectiva en vez de la máxima instrumental, considerando un 0.63 % del valor: $a_c = 0.63 a_{\text{máx}}$.

Por lo tanto, la aceleración efectiva para diseño estructural de obras para la zona evaluada será: 0.19 g.

Para el caso de diseño de taludes y obras de retención el método pseudo estático, se usa utiliza generalmente el 50 % (0.30g) del valor máximo de aceleración esperada, por lo cual para la zona evaluada será: 0.15 g.



Mapa 8: Mapa de Iso-aceleraciones.

4.10 Geodinámica Externa

El trazo vial del eje de la carretera Cerro de Pasco – Salcachupán 42+101.96 KM corta diferentes afloramientos de roca y depósitos cuaternarios. En algunos sectores y sus alrededores se han observado índices de inestabilidad moderados, relacionados con deslizamientos (mayores y menores), desprendimientos y caídas de bloques, erosión de riberas, suelos saturados inestables, filtraciones, afloramientos de roca fracturada y meteorizada (Mapa 9); entre otros. En tal sentido, y sobre la base de que la estabilidad física se relaciona directamente con el grado de resistencia de los elementos litoestructurales y morfológicos presentes, se ha visto la necesidad de identificar, describir y analizar los procesos geodinámicos a largo de la carretera (Cuadro 6: Inventario y evaluación de sectores con problemas geodinámicos.), a fin de asegurar la estabilidad física del tramo, los mismos que afectan el tránsito bloqueándolo, hasta que sean removido por brigadas, y con ayuda de maquinaria.

Los factores asociados a la ocurrencia de los fenómenos de geodinámica externa que se localizan en el área se correlacionan de la siguiente manera:

Litología

En la zona Predominan en todo el eje de la carretera lutitas, lutitas areniscosas, en menor Cantidad las calizas, mármol, filitas,

esquistos, basaltos, lava volcánica, conglomerados y suelos medianamente rígidos con material cuaternario de tipo residual.



Foto 18: Roca sedimentaria superficie residual.

Estructural

Esta se relaciona con el tipo de estructuras geológicas (relación macizo rocoso-estructura) como plegamientos (anticlinales, sinclinales), con abundante diaclasamiento.



Foto 19: Pliegues anticlinales y fallas estructurales.

Morfología y Topografía

La forma del terreno y la pendiente son factores también condicionantes de los fenómenos de geodinámica externa.

La zona presenta una topografía accidentada con pendientes que varían de moderadas a Fuertes (45% a 65%), por lo cual el eje de la carretera es forzado a realizar cortes a Media ladera.



Foto 20: Pendiente igual o mayor a 45°.

Clima

La precipitación es uno de los factores principales de la geodinámica externa, relacionado con inundaciones, deslizamientos y otros, el clima predominante de la zona es variado, encontrándose en los primeros 19 km un clima frío, para posteriormente cambiar a templado cálido. Asentándose más el calor a medida que nos aproximamos a la intersección del puente de Salcachupán. Las lluvias son más frecuentes entre los meses de Diciembre - Marzo.



Foto 21: Lluvias intensas, durante el Tiempo de elaboración del proyecto.

A continuación se describen los fenómenos geodinámicas que afectan la carretera:

Deslizamientos

En la vía en estudio se ha localizado este fenómeno sobre los depósitos y suelos formados de la meteorización y erosión de las rocas de los grupos Excélsior y Mitu. Estos depósitos son generalmente gravo-arcillo-limosos a gravo-limo-arcillosos que, al sobresaturarse adquieren características plásticas y tienden a deslizarse pendiente abajo afectando la vía. Generalmente se encuentran ubicadas en pequeñas micro cuencas.

Los deslizamientos producidos por los desplazamientos de alguna masa de suelo, roca o mezcla de ambos, proveniente del talud superior de la carretera y/o laderas de cerros, debidos básicamente a falta de cohesión de los materiales confortantes que caen sobre del camino en cantidades relativamente pequeñas o medianas.



Foto 22: Deslizamiento Rotacional
Km. 42+101.96.

Los deslizamientos encontrados a lo largo del tramo estudiado actualmente se encuentran limitados en magnitud y extensión, por

lo cual actualmente no representan sectores altamente críticos. Los sectores afectados por este fenómeno geodinámicas se presentan en la siguiente tabla.

PUNTO	COORDENADAS		PROGRESIVA		TIPO DE FENOMENO QUE AFECTA EL AREA
	ESTE	NORTE	INICIO	FINAL	
P1	362041	8821239	0+700	0+800	Deslizamiento
P2	361956	8822161	2+100	3+000	Deslizamiento / Derrumbe
	361811	8822240			
P3	361740	8822676	3+300	3+500	Deslizamiento
	361703	8822756			
P4	361517	8824343	5+500	5+700	Deslizamiento
	361489	8824398			
P7	361156	8825451	6+700	6+900	Deslizamiento
	361140	8825515			
P8	361296	8826164	7+700	7+900	Erosión Fluvial / Deslizamiento
	361344	8826267			
	361345	8826294			
P9	361312	8826397	7+900	8+000	Deslizamiento
P10	361409	8826648	8+200	8+400	Deslizamiento / Derrumbe
	361434	8826780			
P11	361474	8826823	8+400	8+500	Deslizamiento
P12	361519	8826959	8+600	8+700	Deslizamiento
P14	361594	8827334	8+900	9+100	Reptación / Erosión Fluvial
	361619	8827386			
P15	361619	8827853	9+500	9+600	Deslizamiento
P16	361658	8828319	9+900	10+000	Reptación
P17	361626	8828996	10+700	10+800	Reptación / Deslizamiento
P20	360641	8831140	13+200	13+300	Deslizamiento
P24	362560	8833926	17+300	17+400	Deslizamiento
P25	363366	8834013	18+200	18+300	Deslizamiento / Derrumbe
P27	363599	8834018	18+400	18+500	Derrumbe / Deslizamiento
P28	364219	8834506	19+300	19+400	Deslizamiento
P31	364563	8835970	20+900	21+000	Deslizamiento
P34	365231	8836960	22+200	22+300	Deslizamiento
P36	365345	8837306	22+600	22+700	Deslizamiento
P38	365650	8838119	23+500	23+600	Deslizamiento
P40	365904	8838301	23+800	24+000	Erosión Fluvial / Deslizamiento
	365964	8838320			
P41	366557	8838939	24+800	24+900	Deslizamiento
P42	366888	8839761	25+700	25+900	Deslizamiento
	366897	8839791			
P43	366953	8839915	25+900	26+000	Deslizamiento
P44	366692	8841077	27+200	27+600	Deslizamiento / Derrumbe
	366778	8841168			
	366844	8841246			
P45	366772	8842403	28+700	28+800	Deslizamiento
P46	366712	8842960	29+300	29+800	Deslizamiento / Derrumbe
	366651	8843050			
	366644	8843125			
	366702	8843312			
	366681	8843373			
P48	366664	8843876	30+300	30+400	Derrumbe
P49	366243	8844556	31+100	31+300	Derrumbe
P50	365419	8844738	32+200	32+500	Deslizamiento
	365268	8844861			
P56	365366	8848799	37+600	37+700	Deslizamiento
P57	365389	8848877	37+700	37+900	Deslizamiento
P59	366440	8850879	40+700	41+400	Deslizamiento / Derrumbe
	366800	8851134			
	367284	8851334			

Tabla 2: Identificación de Deslizamientos.

Adicionalmente, se ha identificado a la altura de la alcantarilla ubicada entre el Km. 4+000 y Km. 4+100, un fenómeno de remoción de masas ubicado en la margen derecha del cauce del río Tingo, lado derecha de la carretera. Este fenómeno consiste en un deslizamiento superficial, el cual afecta Top Soil el cual se desliza pendiente abajo llegando directamente a la carretera, pudiendo obstruir esta.



Foto 23: Deslizamiento ubicado entre las progresivas Km. 4+000 y Km. 4+100, controlado por gaviones.

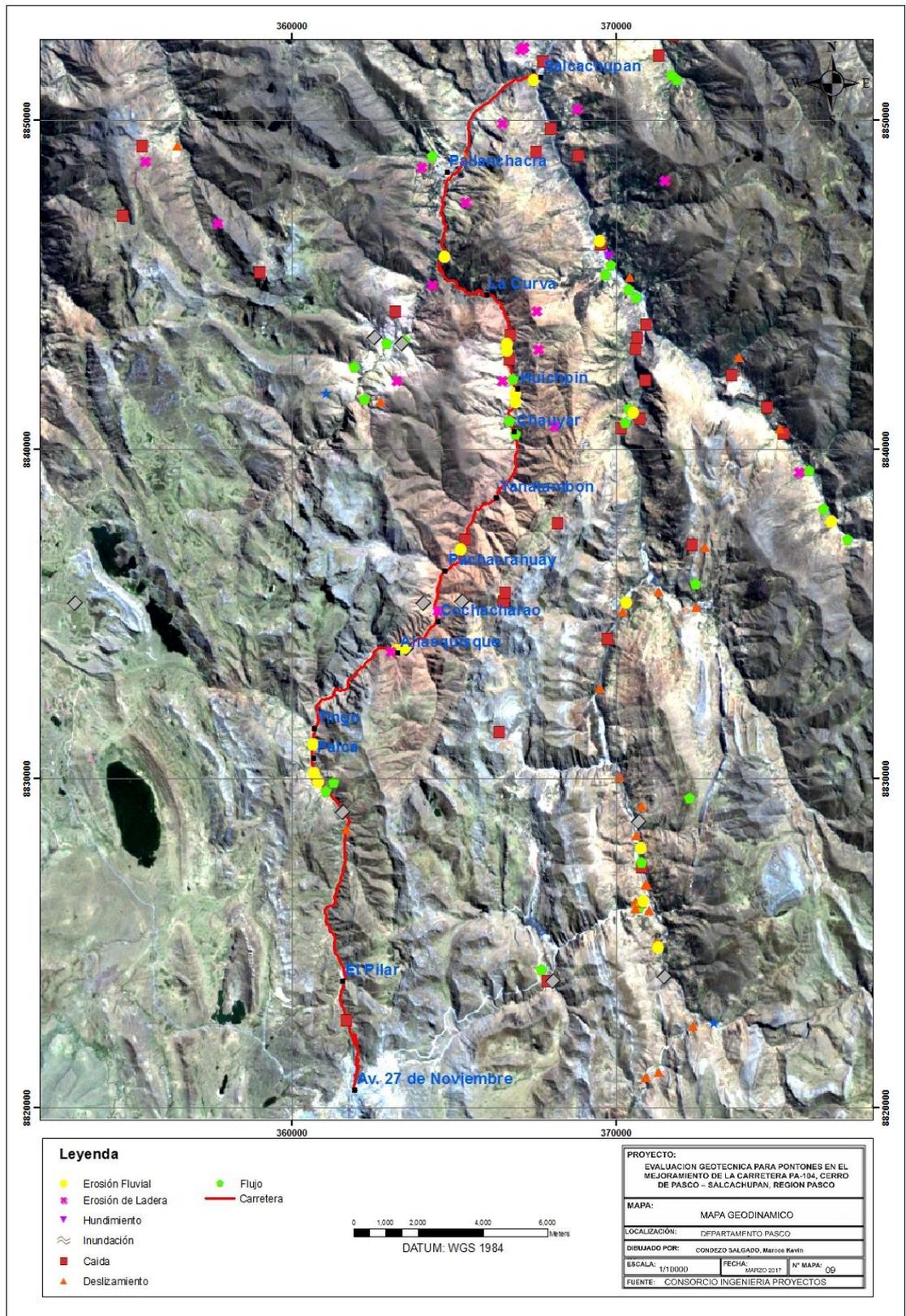
También, se ha identificado a la altura de la alcantarilla ubicada entre 23+500 y Km. 23+600, un fenómeno de remoción de masas ubicado en la margen derecha del cauce del río Tingo y la carretera, este fenómeno se encuentra afectando directamente a la vía, dado que esta se encuentra al lado de la carretera. Este fenómeno consiste en un deslizamiento superficial, el cual afecta Top Soil el cual se desliza pendiente abajo llegando directamente, pudiendo obstruir parcialmente la vía.



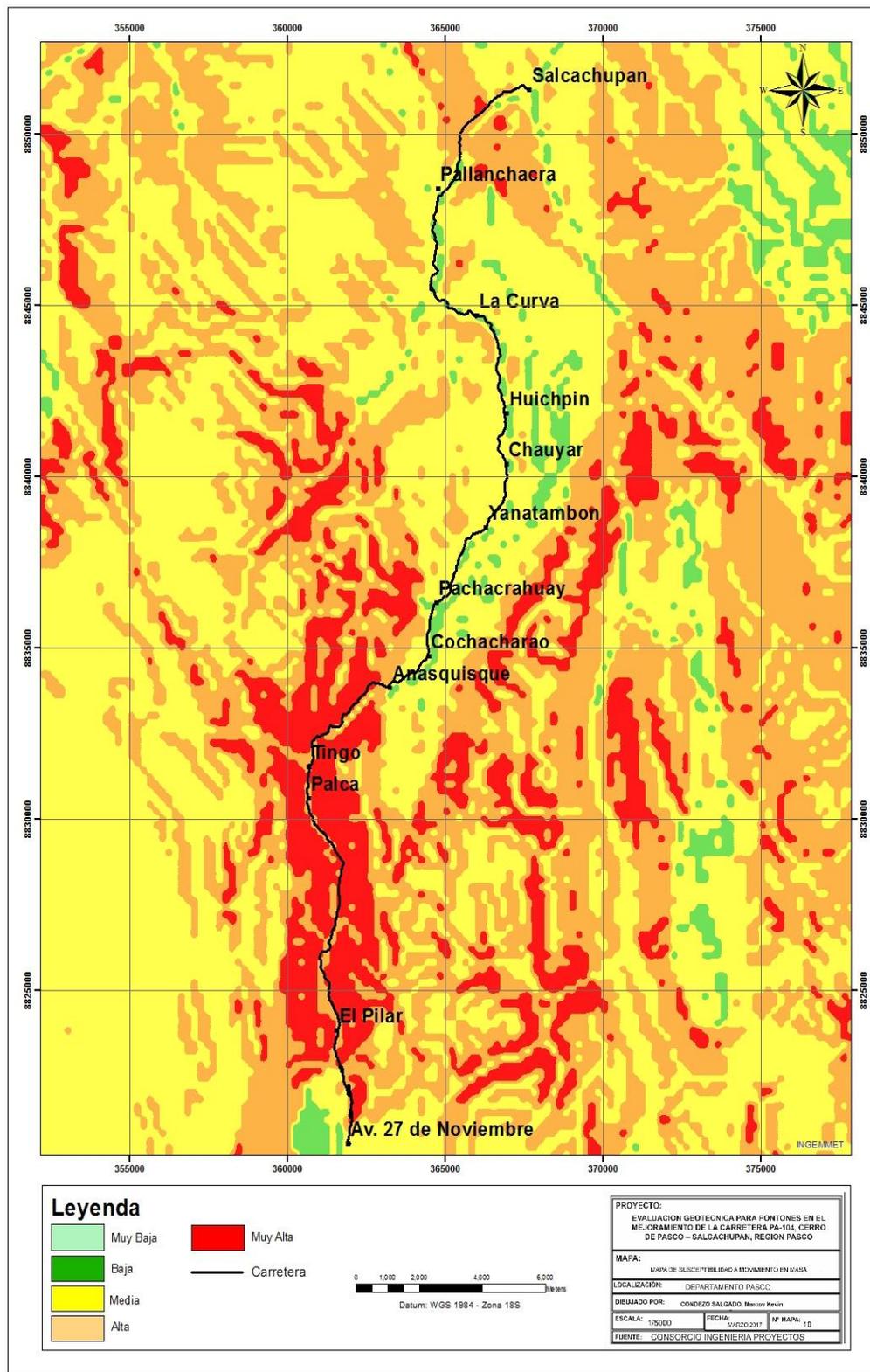
Foto 24: Deslizamiento ubicado entre las progresivas Km. 23+500 y Km. 23+600.

Causas de los deslizamientos

- Talud demasiado empinado.
- Falta de soporte lateral en la base del talud a pesar de predominar los cortes bajos con pendientes moderadas.
- Debilidad de la cohesión interna de los materiales conformantes presentando franjas favorables para la percolación de las aguas de lluvias, las que por lavado de los sedimentos finos originan inicialmente agrietamientos longitudinales para luego colapsar y desplazarse a través de una superficie de deslizamiento.
- Sobresaturación de los materiales por efectos de las precipitaciones extraordinarias, las mismas que se infiltran y rompen el equilibrio de los estratos del suelo produciendo un gran resbalamiento.
- Deforestación de las laderas, disminuyendo el soporte lateral de los materiales.
- Procesos gravitacionales y sísmicos.



Mapa 9: Mapa Geodinámico de la Zona de Estudio.



Mapa 10: Mapa Susceptibilidad a movimientos en masa

Análisis Geotécnico para pontones

Se analiza los principales aspectos geotécnicos que presentan las principales estructuras (pontones) ubicadas sobre la carretera en estudio, se describe las características geológicas y geodinámicas, para finalmente evaluar la estructura desde el punto de vista geotécnico.

Relación de Pontones Existentes

PONTÓN KM 8 + 257	
	
Ubicación: Km 8 + 257	Río: Tingo
Características: Pontón de concreto de 4.00 (luz) x 0.90 (altura).	
Geología General: La estructura se ubica sobre la unidad geomorfológica de Valle Interandino perteneciente al río Tingo, realmente se ubica sobre las unidades de laderas de escasa altura y estables, la unidad de Cauce la cual posee pendiente suave a moderada.	
Geodinámica y Geotecnia: Estribo izquierdo: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual, se aprecia incipiente proceso erosivo aguas arriba. No presenta signos de asentamientos. Estribo derecho: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual, no se evidencia procesos erosivos. No presenta signos de asentamientos. Cauce: El cauce se encuentra definido, casi nula socavación. No se evidencia presencia de amenazas por huaycos y/o inundaciones a la altura de la estructura.	
Comentarios y Recomendaciones: Geodinámicamente, el pontón se presenta estable, recomendando la limpieza periódica del cauce y mantenimiento de la estructura.	

PONTÓN KM 8 + 560



Ubicación: Km 8 + 560.

Río: Tingo

Características: Pontón de concreto de 4.00 (luz) x 1.10 (altura).

Geología General:

La estructura se ubica sobre la unidad geomorfológica de Valle Interandino perteneciente al río Tingo, realmente se ubica sobre las unidades de laderas de escasa altura y estables, la unidad de Cauce la cual posee pendiente suave a moderada.

Geodinámica y Geotecnia:

Estribo izquierdo: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual, se aprecia incipiente proceso erosivo aguas arriba. No presenta signos de asentamientos.

Estribo derecho: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual, no se evidencia procesos erosivos. No presenta signos de asentamientos.

Cauce: El cauce se encuentra definido, casi nula socavación. No se evidencia presencia de amenazas por huaycos y/o inundaciones a la altura de la estructura.

Comentarios y Recomendaciones:

Geodinámica mente, el pontón se presenta estable, recomendando la limpieza periódica del cauce; y mantenimiento de la estructura.

PONTÓN KM 10 + 000	
	
Ubicación: Km 10 + 000	Río: Tingo
Características: Pontón de concreto de 5.50 (luz) x 1.50 (altura).	
<p>Geología General:</p> <p>La estructura se ubica sobre la unidad geomorfológica de Valle Interandino perteneciente al río Tingo, realmente se ubica sobre las unidades de laderas de escasa altura y estables, la unidad de Cauce la cual posee pendiente suave a moderada.</p>	
<p>Geodinámica y Geotecnia:</p> <p>Estribo izquierdo: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual, se aprecia incipiente proceso erosivo aguas arriba. No presenta signos de asentamientos.</p> <p>Estribo derecho: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual, no se evidencia procesos erosivos. No presenta signos de asentamientos.</p> <p>Cauce: El cauce se encuentra definido, casi nula socavación. No se evidencia presencia de amenazas por huaycos y/o inundaciones a la altura de la estructura.</p>	
<p>Comentarios y Recomendaciones:</p> <p>Geodinámica mente, el pontón se presenta estable, recomendando la limpieza periódica del cauce y mantenimiento de la estructura.</p>	

PONTÓN KM 10 + 180



Ubicación: Km. Km 10 + 180

Río: Tingo

Características: Pontón de concreto de 5.50 (luz) x 1.62 (altura).

Geología General:

La estructura se ubica sobre la unidad geomorfológica de Valle Interandino perteneciente al río Tingo, realmente se ubica sobre las unidades de laderas de escasa altura y estables, la unidad de Cauce la cual posee pendiente suave a moderada.

Geodinámica y Geotecnia:

Estribo izquierdo: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual, se aprecia incipiente proceso erosivo aguas arriba. No presenta signos de asentamientos.

Estribo derecho: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual, no se evidencia procesos erosivos. No presenta signos de asentamientos.

Cauce: El cauce se encuentra definido, casi nula socavación. No se evidencia presencia de amenazas por huaycos y/o inundaciones a la altura de la estructura.

Comentarios y Recomendaciones:

Geodinámicamente, el pontón se presenta estable, recomendando la limpieza periódica del cauce; colocación de tubos de drenaje en la losa superior y mantenimiento de la estructura.

PONTÓN KM 10 + 270



Ubicación: Km 10 + 270

Río: Tingo

Características: Pontón de concreto de 6 (luz) x 2.00 (altura).

Geología General:

La estructura se ubica sobre la unidad geomorfológica de Valle Interandino perteneciente al río Tingo, realmente se ubica sobre las unidades de laderas de escasa altura y estables, la unidad de Cauce la cual posee pendiente moderada.

Geodinámica y Geotecnia:

Estribo izquierdo: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual, se aprecia incipiente proceso erosivo aguas arriba. No presenta signos de asentamientos.

Estribo derecho: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual, no se evidencia procesos erosivos. No presenta signos de asentamientos.

Cauce: El cauce se encuentra definido, casi nula socavación. No se evidencia presencia de amenazas por huaycos y/o inundaciones a la altura de la estructura.

Comentarios y Recomendaciones:

Geodinámicamente, el pontón se presenta estable, recomendando la limpieza periódica del cauce y mantenimiento de la estructura.

PONTÓN KM 10 + 384.68



Ubicación: Km 10 + 384.68 **Río:** Tingo

Características: Pontón de concreto de 4 (luz) x 1.80 (altura).

Geología General:

La estructura se ubica sobre la unidad geomorfológica de Valle Interandino perteneciente al río Tingo, realmente se ubica sobre las unidades de laderas de escasa altura y estables, la unidad de Cauce la cual posee pendiente suave a moderada.

Geodinámica y Geotecnia:

Estribo izquierdo: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual, se aprecia incipiente proceso erosivo aguas arriba. No presenta signos de asentamientos.

Estribo derecho: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual, no se evidencia procesos erosivos. No presenta signos de asentamientos.

Cauce: El cauce se encuentra definido, casi nula socavación. No se evidencia presencia de amenazas por huaycos y/o inundaciones a la altura de la estructura.

Comentarios y Recomendaciones:

Geodinámicamente, el pontón se presenta estable, recomendando la limpieza periódica del cauce y mantenimiento de la estructura.

PONTÓN KM 12 + 480



Ubicación: Km 12 + 480

Río: Qda. tributaria de río Tingo

Características: Pontón de concreto de 5.50 (luz) x 1.80 (altura).

Geología General:

La estructura se ubica sobre la unidad geomorfológica de Valle Interandino perteneciente al río Tingo, realmente se ubica sobre las unidades de laderas de escasa altura y estables, la unidad de Cauce la cual posee pendiente moderada.

Geodinámica y Geotecnia:

Estribo izquierdo: Se encuentra emplazado sobre un depósito residual, se aprecia incipiente proceso erosivo aguas arriba. No presenta signos de asentamientos.

Estribo derecho: Se encuentra emplazado sobre un depósito residual, no se evidencia procesos erosivos. No presenta signos de asentamientos.

Cauce: El cauce se encuentra definido, casi nula socavación. No se evidencia presencia de amenazas por huaycos y/o inundaciones a la altura de la estructura.

Comentarios y Recomendaciones:

Geodinámicamente, el pontón se presenta estable, recomendando la limpieza periódica del cauce; mantenimiento de la estructura.

PONTÓN KM 13 + 749.68



Ubicación: Km 13 + 749.68	Río: Qda. tributaria de río Tingo
----------------------------------	--

Características: Pontón de concreto recientemente remodelada de 7.50 (luz) x 4 (altura).

Geología General:

La estructura se ubica sobre la unidad geomorfológica de Valle Interandino perteneciente al río Tingo, realmente sobre las unidades de Laderas 4.00 m altura y estables, la unidad de Cauce que presenta pendiente moderada.

Geodinámica y Geotecnia:

Estribo izquierdo: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual (arena limosa - SM), se aprecia incipiente proceso erosivo aguas arriba. No presenta signos de asentamientos.

Estribo derecho: Está encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual (arena limosa - SM), no se evidencia procesos erosivos. No presenta signos de asentamientos.

Cauce: El cauce se encuentra definido, casi nula socavación. No se evidencia presencia de amenazas por huaycos y/o inundaciones.

Comentarios y Recomendaciones:

Geodinámicamente, esta estructura rústica se presenta estable; sin embargo, se recomienda el reemplazo de la estructura provisional por una estructura definitiva.

PONTÓN KM 14 + 097.00



Ubicación: Km 14 + 097.00

Río: Tingo

Características: Pontón de concreto de 6 (luz) x 2.20 (altura).

Geología General:

La estructura se ubica sobre la unidad geomorfológica de Valle Interandino perteneciente al río Tingo, realmente se ubica sobre las unidades de laderas de escasa altura y estables, la unidad de Cauce la cual posee pendiente suave.

Geodinámica y Geotecnia:

Estribo izquierdo: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual, se aprecia incipiente proceso erosivo aguas arriba. No presenta signos de asentamientos.

Estribo derecho: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual, no se evidencia procesos erosivos. No presenta signos de asentamientos.

Cauce: El cauce se encuentra definido, casi nula socavación. No se evidencia presencia de amenazas por huaycos y/o inundaciones a la altura de la estructura.

Comentarios y Recomendaciones:

Geodinámicamente, el pontón se presenta estable, recomendando la limpieza periódica del cauce y mantenimiento de la estructura.

PONTÓN KM 15 + 876.50



Ubicación: Km 15 + 876.50 **Río:** Tingo

Características: Pontón de concreto de 3.50 (luz) x 1.80 (altura).

Geología General:

La estructura se ubica sobre la unidad geomorfológica de Valle Interandino perteneciente al río Tingo, realmente se ubica sobre las unidades de laderas de escasa altura y estables, la unidad de Cauce la cual posee pendiente suave a moderada.

Geodinámica y Geotecnia:

Estribo izquierdo: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual (arcilla CL), se aprecia incipiente proceso erosivo aguas arriba. No presenta signos de asentamientos.

Estribo derecho: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual (CL), no se evidencia procesos erosivos. No presenta signos de asentamientos.

Cauce: El cauce se encuentra definido, casi nula socavación. No se evidencia presencia de amenazas por huaycos y/o inundaciones a la altura de la estructura.

Comentarios y Recomendaciones:

Geodinámicamente, el pontón se presenta estable, recomendando la limpieza periódica del cauce; colocación de tubos de drenaje en la losa superior y mantenimiento de la estructura.

PONTÓN KM 18 + 021



Ubicación: Km 18 + 021 **Río:** Tingo

Características: Pontón de concreto de 3.50 (luz) x 1.50 (altura).

Geología General:

La estructura se ubica sobre la unidad geomorfológica de Valle Interandino perteneciente al río Tingo, arealmente se ubica sobre las unidades de Laderas de escasa altura y estables, la unidad de Cauce la cual presenta pendiente suave a moderada.

Geodinámica y Geotecnia:

Estribo izquierdo: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual (grava limosa - GM), no se evidencia procesos erosivos. No presenta signos de asentamientos.

Estribo derecho: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual (grava limosa - GM), se aprecia incipiente proceso erosivo aguas arriba. No presenta signos de asentamientos.

Cauce: El cauce natural del río ha sido modificado conformando 2 curvas de 90° ocasionando unos incipientes procesos erosivos en estribo derecho. No se evidencia presencia de amenazas por huaycos a la altura de la estructura.

Comentarios y Recomendaciones: Se recomienda encauzar el río aguas arriba hacia la margen derecha mediante la construcción de muros de gaviones, limpieza periódica del cauce aguas arriba y aguas abajo; colocación de tubos de drenaje en la losa superior. Mantenimiento de la estructura.

PONTÓN KM 19 + 035.20



Ubicación: Km 19 + 035.20 **Río:** Tingo

Características: Pontón de concreto de 4 (luz) x 2.10 (altura).

Geología General:

La estructura se ubica sobre la unidad geomorfológica de Valle Interandino perteneciente al río Tingo, realmente se ubica sobre las unidades de laderas de altura pronunciada y no tan estables debido a la abundante vegetación que ahí se presenta lo hace inestable, la unidad de Cauce la cual posee pendiente suave a moderada.

Geodinámica y Geotecnia:

Estribo izquierdo: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual, se aprecia incipiente proceso erosivo aguas arriba. No presenta signos de asentamientos.

Estribo derecho: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual, no se evidencia procesos erosivos. No presenta signos de asentamientos.

Cauce: El cauce se encuentra definido, casi nula socavación. No se evidencia presencia de amenazas por huaycos y/o inundaciones a la altura de la estructura.

Comentarios y Recomendaciones:

Geodinámicamente, el pontón se presenta estable, recomendando la limpieza periódica del cauce; colocación de tubos de drenaje en la losa superior y mantenimiento de la estructura.

PONTÓN KM 23 + 505



Ubicación: Km 23 + 505 **Río:** Tingo

Características: Pontón de concreto de 5.50 (luz) x 2.05 (altura).

Geología General:

La estructura se ubica sobre la unidad geomorfológica de Valle Interandino perteneciente al río Tingo, realmente se ubica sobre las unidades de laderas de altura pronunciadas y un poco inestables, la unidad de Cauce la cual posee pendiente suave a moderada.

Geodinámica y Geotecnia:

Estribo izquierdo: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual del grupo Mitú se aprecia incipiente proceso erosivo aguas arriba. No presenta signos de asentamientos.

Estribo derecho: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual del grupo Mitú, no se evidencia procesos erosivos. No presenta signos de asentamientos.

Cauce: El cauce se encuentra definido, casi nula socavación. Se evidencia presencia de amenazas por huaycos y/o inundaciones a la altura de la estructura por el lado derecho del cauce.

Comentarios y Recomendaciones:

Geodinámicamente, el pontón se presenta estable, recomendando la limpieza periódica del cauce; colocación de tubos de drenaje en la losa superior y mantenimiento de la estructura.

PONTÓN KM 29 + 903



Ubicación: Km 29 + 903 **Río:** Tingo

Características: Pontón de tablero de concreto con estribos mampostería de piedra labrada de 7 (luz) x 3.50 (altura).

Geología General:

La estructura se ubica sobre la unidad geomorfológica de Valle Interandino perteneciente al río Tingo, arealmente se ubica sobre las unidades de Laderas de poca altura y estables, la unidad de Cauce posee que pendiente suave a moderada.

Geodinámica y Geotecnia:

Estribo izquierdo: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual (gravo arenoso con matriz limosa), se aprecia incipiente proceso erosivo aguas arriba. No presenta signos de asentamientos.

Estribo derecho: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual (grava limosa - GM), no se evidencia procesos erosivos relevantes. No presenta signos de asentamientos.

Cauce: El cauce se encuentra definido, casi nula socavación. No se evidencia presencia de amenazas por huaycos y/o inundaciones a la altura de la estructura.

Comentarios y Recomendaciones:

Se recomienda limpieza del cauce aguas arriba y aguas abajo, colocación de tubos de drenaje en la losa superior y construcción de losa de mampostería de piedra en la base de los estribos a fin de proteger la cimentación.

PONTÓN KM 32 + 296



Ubicación: Km 32 + 296

Río: Tingo

Características: Pontón de concreto de 5.50 (luz) x 4.10 (altura).

Geología General:

La estructura se ubica sobre la unidad geomorfológica de Valle Interandino perteneciente al río Tingo, realmente se ubica sobre las unidades de laderas de alturas pronunciadas, la unidad de Cauce la cual posee pendiente suave a moderada.

Geodinámica y Geotecnia:

Estribo izquierdo: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual (arcilla CL), se aprecia incipiente proceso erosivo aguas arriba. No presenta signos de asentamientos.

Estribo derecho: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/residual (CL), no se evidencia procesos erosivos. No presenta signos de asentamientos.

Cauce: El cauce se encuentra definido, casi nula socavación. Se evidencia presencia de amenazas mínima por huaycos y/o inundaciones a la altura de la estructura.

Comentarios y Recomendaciones:

Geodinámicamente, el pontón se presenta estable, recomendando la limpieza periódica del cauce; colocación de tubos de drenaje en la losa superior y mantenimiento de la estructura.

PONTÓN KM 33 + 240



Ubicación: Km 33 + 240 **Río:** Tingo

Características: Pontón de concreto recientemente remodelada de 8 (luz) x 2.40 (altura).

Geología General:

La estructura se ubica sobre la unidad geomorfológica de Valle Interandino perteneciente al río Tingo en un sector encañonado conformado por afloramientos de arenisca muy consistente pertenecientes al grupo Mitú, arealmente se ubica sobre las unidades de Laderas de moderada altura y estables, la unidad de Cauce que presenta pendiente moderada a fuerte.

Geodinámica y Geotecnia:

Estribo izquierdo: Se encuentra emplazado sobre estrato rocosos de arenisca consistente, no se evidencia procesos erosivos relevantes. No presenta signos de asentamientos.

Estribo derecho: Se encuentra emplazado sobre estrato rocosos de arenisca consistente, no se evidencia procesos erosivos relevantes. No presenta signos de asentamientos.

Cauce: El cauce se encuentra definido, casi nula socavación. No se evidencia presencia de amenazas por huaycos y/o inundaciones a la altura de la estructura.

Comentarios y Recomendaciones:

Debido a la precariedad de la estructura rústica existente de deberá cambiar el pontón por una estructura definitiva. Mantenimiento de la estructura.

PONTÓN KM 33 + 719



Ubicación: Km 33 + 719 | **Río:** Tingo

Características: Pontón de concreto de 6.50 (luz) x 3.40 (altura).

Geología General:

La estructura se ubica sobre la unidad geomorfológica de Valle Interandino perteneciente al río Tingo en un sector encañonado conformado por afloramientos de arenisca muy consistente pertenecientes al grupo Mitu, arealmente se ubica sobre las unidades de laderas de moderada altura y estables, la unidad de Cauce que presenta pendiente moderada a fuerte.

Geodinámica y Geotecnia:

Estribo izquierdo: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/coluvial (gravo arenoso con matriz limosa y presencia de bolonería), Se aprecia erosión en la base del estribo. No presenta signos de asentamientos.

Estribo derecho: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/coluvial (gravo arenoso con matriz limosa y presencia de bolonería), Se aprecia erosión en la base del estribo. No presenta signos de asentamientos.

Cauce: El cauce se encuentra definido, presenta incipiente socavación de cauce. No se evidencia presencia de amenazas por huaycos y/o inundaciones a la altura de la estructura.

Comentarios y Recomendaciones

Se recomienda la construcción de una losa de mampostería de piedra en la base de los estribos; así como el acomodo de las rocas grandes existentes en el cauce, en las alas de los estribos, tanto derecho, como izquierdo, aguas arriba para asegurar la estabilidad de la alcantarilla. Colocación de tobos de drenaje en la losa superior. Igualmente, se debe realizar la limpieza periódica del cauce.

PONTÓN KM 33 + 839



Ubicación: Km 33 + 839

Río: Tingo

Características: Pontón de dos ojos, estribos de mampostería de piedra labrada y tablero de concreto, de 9 (luz) x 3.60 (altura) cada ojo.

Geología General:

La estructura se ubica sobre la unidad geomorfológica de Valle Interandino perteneciente al río Tingo en un sector encañonado conformado por afloramientos de arenisca muy consistente pertenecientes al grupo Mitú, arealmente se ubica sobre las unidades de Laderas de moderada altura y estables, la unidad de Cauce que presenta pendiente moderada a fuerte.

Geodinámica y Geotecnia:

Estribo izquierdo: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/coluvial (bolonería con matriz gravo arenoso con matriz limosa), se aprecia erosión parcial en la base del estribo. No presenta signos de asentamientos.

Estribo derecho: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial/coluvial (bolonería con matriz gravo arenoso con matriz limosa), no se aprecia erosión a la altura del estribo. No presenta signos de asentamientos.

Pilar central: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial, Se aprecia erosión parcial en la base del estribo. No presenta signos de asentamientos.

Cauce: El cauce se encuentra definido, presenta incipiente socavación de cauce. No se evidencia presencia de amenazas por huaycos y/o inundaciones a la altura de la estructura.

Comentarios y Recomendaciones: La estructura es afectada por procesos erosivos a la altura de su estribo izquierdo y pilar central, por lo cual se recomienda la construcción de una losa de mampostería de piedra en la base de los estribos y la limpieza periódica del cauce aguas arriba y aguas abajo.

PONTÓN KM 35 + 748



Ubicación: Km 35 + 748

Río: Tingo

Características: Pontón de concreto de 9 (luz) x 3.80 (altura).

Geología General:

La estructura se ubica sobre la unidad geomorfológica de Valle Interandino perteneciente al río Tingo, arealmente se ubica sobre las unidades de Laderas de poca altura y estables, la unidad de Cauce que presenta pendiente suave a moderada.

Geodinámica y Geotecnia:

Estribo izquierdo: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial (gravoso y arena limoso), no se evidencia procesos erosivos relevantes. No presenta signos de asentamientos.

Estribo derecho: Se encuentra emplazado sobre un depósito aluvial (gravoso y arena limoso), se aprecia erosión en la base del estribo en aguas arriba. No presenta signos de asentamientos.

Cauce: El cauce se encuentra definido, incipiente socavación. No se evidencia presencia de amenazas por huaycos y/o inundaciones a la altura de la estructura.

Comentarios y Recomendaciones: Geodinámicamente, la estructura se encuentra estable. Se recomienda la colocación de tubos de drenaje en la losa superior y la limpieza periódica del cauce

PONTÓN KM 37 + 380



Ubicación: Km 37 + 380

Río: Tingo

Características: Pontón de concreto de 6.5 (luz) x 2.30 (altura).

Geología General:

La estructura se ubica sobre la unidad geomorfológica de Valle Interandino perteneciente al río Tingo, arealmente se ubica sobre las unidades de Laderas de poca altura y estables, la unidad de Cauce que presenta pendiente moderada.

Geodinámica y Geotecnia:

Estribo izquierdo: Se encuentra emplazada sobre un depósito aluvial (bolonería con matriz gravosa y arena limosa). No presenta signos de asentamientos.

Estribo derecho: Se encuentra emplazada sobre un depósito aluvial (bolonería con matriz gravosa y arena limosa), no se evidencia procesos erosivos relevantes. No presenta signos de asentamientos.

Cauce: El cauce se encuentra definido, incipiente socavación. No se evidencia presencia de amenazas por huaycos y/o inundaciones a la altura de la estructura.

Comentarios y Recomendaciones: Se recomienda realizar la limpieza del cauce aguas arriba y aguas abajo; la colocación de tubos de drenaje en la losa superior y mantenimiento periódico de la estructura.

PONTÓN KM 38 + 773



Ubicación: Km 38 + 773

Río: Tingo

Características: Pontón de concreto de 9 (luz) x 6.50 (altura).

Geología General:

La estructura se ubica sobre la unidad geomorfológica de Valle Interandino perteneciente al río Tingo, realmente se ubica sobre las unidades de laderas de poca a moderada altura y estables, la unidad de Cauce que presenta pendiente suave a moderada.

Estribo izquierdo: Se encuentra sentado sobre un depósito aluvial (bolonería con matriz gravosa y arena limosa), no se evidencia procesos erosivos. No presenta signos de asentamientos.

Estribo derecho: Se encuentra sentado sobre un bloque rocoso de aproximadamente 8.00 m de Ø, no se evidencia procesos erosivos. No presenta signos de asentamientos.

Cauce: El cauce se encuentra definido, incipiente socavación. No se evidencia presencia de amenazas por huaycos y/o inundaciones a la altura de la estructura.

Comentarios y Recomendaciones: Se recomienda la limpieza del cauce aguas arriba y aguas debajo de la estructura, y el mantenimiento periódico del pontón.

4.11 Resultados y Perfiles Estratigráficos de las Calicatas Realizadas en los Pontones.

➤ PONTÓN Km 10 + 000

• Perfil Estratigráfico

REGISTRO DE EXCAVACIONES						
PROYECTO		"Mejoramiento de la Carretera Departamental PA - 104 EMP PE 3N (Puente Salcacupan) - Pallachacra - Junipalca - Chauyar - Pasachahuay - Tingo Palca - El Pilar - EMP PA - 102 (Dir. Pilar), Distrito Yanacancha, Provincia y Región Pisco".				
UBICACIÓN		: PONTÓN Km 10 + 000.00		CALICATA : C-01 (Est. derecho)		
METODO DE EXPL.		: A cielo abierto		PROFUND. : 1.30 m.		
NORMA		: ASTM D-2488 (NTP 339.150)		N.F. : N.P.		
Profund. (mts)	Espesor. (mts)	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN GENERAL	CLASIFIC. S.U.C.S.	SIMBOLOGIA GRÁFICA
0.10	0.30 metros	A CIELO ABIERTO	M1	Suelo formado por grava arcillosa, de color amarillo.	GW - GC	
0.20			M2	Suelo orgánico, con presencia de restos vegetales, de color negro.	Pt	
0.30						
0.40	0.30 metros		M3	Suelo orgánico, con presencia de restos vegetales, de color gris.	Pt	
0.50						
0.60		0.40 metros	M4	Suelo formado por arcilla limosa inorgánica de baja plasticidad, de color plomo oscuro.	CL	
0.70						
0.80						
0.90						
1.00	0.40 metros	M4	Suelo formado por arcilla limosa inorgánica de baja plasticidad, de color plomo oscuro.	CL		
1.10						
1.20						
1.30						



• Resultados de los cálculos realizados

Profundidad (m)	0.90-1.30
% Pasa Tamiz Nº 4	77.91
% Pasa Tamiz Nº 200	0.18
Límite Líquido (%)	28
Índice Plástico (%)	7.63
Contenido de Humedad (%)	20.89
Clasificación SUCS	CL
Clasificación ASSHTO	A-2-4
DENSIDAD MAXIMA	2.09
OPTIMO CONT. DE HUM.	8.9

➤ PONTÓN Km 13 + 749.68

• Perfil Estratigráfico

REGISTRO DE EXCAVACIÓN					
PROYECTO: : "Mejoramiento de la Carretera Departamental PA - 104 EMP FE 3N (Puente Salcachupan) - Pallanchaca - Junipalca - Chauyar - Pachacrahuy - Tingo Palca - El Pilar - EMP PA - 102 (Div. Pilar), Distrito Yanacancha, Provincia y Región Pasco".					
UBICACIÓN: : PONTÓN KM 13 + 749.68				CALICATA: : C-02 (Est. Derecho)	
METODO DE EXPLOR. : A cielo abierto				PROFUN. : 2.5 M	
NORMA : ASTM D-2488 (NTP 338.150)				N.F. : N.P.	
PROFUND. (m)	ESPESOR ESTRATO (m)	MUESTRAS OBTENIDAS	SIMBOLO GRAFICO	CLASIFIC. SUCS	DESCRIPCION DEL MATERIAL
0.5	0.5	--		--	Material de cultivo
	2.00	mab-1		SM	Arena limosa, con 20% de cantos rodados de TM = 12", con grava gruesa subangular en 25%, arena media dura en 35% y finos de plasticidad media en 40%, media resistencia en estado seco, dilatancia rápida, tenacidad media, color marrón oscuro, ningún olor, humedad regular, cementación fuerte, homogénea
2.50					BOLONERÍA



• Resultados de los cálculos realizados

RESULTADOS DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Resistencia Máxima

$$C = 0.05 \text{ Kg/cm}^2$$

$$(\phi) = 34.74^\circ$$

Resistencia Residual

$$C = 0.06 \text{ Kg/cm}^2$$

$$(\phi) = 34.56^\circ$$

CALCULO DE LA PRESIÓN ADMISIBLE

Ecuaciones	$q_{ult} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$	$q_{ult} \text{ (MPa)}$	FS
Terzaghi	8.37	0.82	10.05
Meyerhoff	7.68	0.75	9.22
Hansen	8.12	0.80	9.75
Promedio	8.06	0.79	9.67

$$\text{Capacidad Admisible por corte} = 2.56 \text{ Kg/cm}^2 = 0.25 \text{ Mpa}$$

$$q = 2.56 \text{ Kg/cm}^2 =$$

$$\delta = 1.92 \text{ cm}$$

$$\delta = 1.44 \text{ cm}$$

CAPACIDAD DE CARGA POR CORTE

SEGÚN TERZAGHI (1943)

Considerar Falla por corte Local (S/N)? =S

$$\varphi = 24.81 \text{ Grados} \quad 0.4330 \text{ Radianes}$$

$$c' = 0.03 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\varphi' = 0.43 \text{ Radianes}$$

$$c' = 0.03 \text{ Kg/cm}^2 \quad 0.34 \text{ Ton/m}^2$$

Factores de capacidad de Carga

$$K_{p\gamma} = 36.0325 \quad a = 2.69$$

$$N = 24.78$$

$$N = 12.46$$

$$N_{\gamma} = 9.88$$

Factores de Corrección:

$$q = 3.857576 \text{ Ton/m}^2$$

$$Y \text{ a nivel de desplante} = 1.9288$$

$$S = 1.30$$

$$S_{\gamma} = 1.30$$

Capacidad de carga por corte: $q = 8.37 \text{ Kg/cm}^2$

Factor de seguridad por corte FS = 10.05

SEGÚN MEYERHOF (1963)

Factores de capacidad de Carga

$$N = 20.444$$

$$N = 10.451$$

$$N_{\gamma} = 6.552$$

Factores de Corrección:

$$q = 3.857576 \text{ Ton/m}^2$$

$$Y \text{ a nivel de desplante} = 1.928788$$

$$K_p = 2.446$$

$$S = 1.16$$

$$S = S_{\gamma} = 1.08$$

$$d = 1.31$$

$$d = d_{\gamma} = 1.16$$

$$i = i = 1.00$$

$$i_{\gamma} = 1.00$$

$$\text{Carga vertical: } q = 7.68 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Carga inclinada: } q = 7.03 \text{ Kg/cm}^2$$

Capacidad de carga por corte: $q = 7.68 \text{ Kg/cm}^2$

Factor de seguridad por corte FS = 9.22

SEGÚN HANSEN (1970)**Factores de capacidad de Carga**

$$N = 20.444$$

$$N = 10.451$$

$$N_y = 6.553$$

Factores de Corrección:

$$q = 3.857576 \text{ Ton/m}^2$$

$$Y \text{ a nivel de desplante} = 1.93$$

$$k = 1.000$$

$$S = 1.03$$

$$S' = 0.07$$

$$S = 1.14 = 1 - 0.4 (B/L) 0.87$$

$$S_y = 0.87$$

$$d = 1.40$$

$$d' = 0.40$$

$$d = 1.31 \quad Ca = 0.270933333$$

$$d_y = 1.00 \quad Af = 12$$

$$i = 1.00 \quad \text{Alfa } 1 = 2.5$$

$$i' = -0.50$$

$$i = 1.00 \quad \text{Alfa } 2 = 3.5$$

$$i_y = 1.00$$

$$\text{Para } \varphi \neq 0: \quad q = 8.12 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Para } \varphi = 0: \quad q = 0.73 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Capacidad de carga por corte: } \quad q = 8.12 \text{ Kg/cm}^2$$

Factor de seguridad por corte FS = 9.75

Ecuaciones	q (Kg/cm ²)	q (Mpa)	FS
Terzaghi	8.37	0.82	10.05
Meyerhoff	7.68	0.75	9.22
Hansen	8.12	0.8	9.75
Promedio	8.06	0.79	9.67

Profundidad (m)	1.00-1.60
% Pasa Tamiz Nº 4	39.21
% Pasa Tamiz Nº 200	11.3
Límite Líquido (%)	34
Índice Plástico (%)	15.87
Contenido de Humedad (%)	9.18
Clasificación SUCS	GC
Clasificación ASSHTO	A-2-6
DENSIDAD MAXIMA	2.2
OPTIMO CONT. DE HUM.	7.6
ENSAYO DE CORTE DIRECTO	
RESISTENCIA MAXIMA	
Angulo de Fricción Interna	34.74°
Cohesion	0.05kg/cm ²
RESISTENCIA RESIDUAL	
Angulo de Fricción Interna	34.56°
Cohesion	0.06 Kg/cm ²
Capacidad Admisible por corte	2.56 Kg/cm ²

➤ PONTÓN Km 15 + 876.50

• Perfil Estratigráfico

REGISTRO DE EXCAVACIÓN					
PROYECTO: "Mejoramiento de la Carretera Departamental PA - 104 EMP PE 3N (Puente Salcachupan) - Pallachacra - Junipalca - Chauyar - Pachacrahuay - Tingo Palca - El Pilar - EMP PA - 102 (Div. Pilar), Distrito Yanacancha, Provincia y Región Pasco".					
UBICACIÓN: :PONTÓN KM 15 + 876.50			CALICATA: : C-03 (Est. Izquierdo)		
METODO DE EXPLO.: :A cielo abierto			PROFUN.: : 2.60 M		
NORMA: :ASTM D-2488 (NTP 338.150)			N.F.: N.P.		
PROFUND. (m)	ESPESOR ESTRATO (m)	MUESTRAS OBTENIDAS	SIMBOLO GRAFICO	CLASIFIC. SUCS	DESCRIPCION DEL MATERIAL
0.6	0.6	--		--	Material de cultivo
2.60	2.00	mab-1		CL	Arcilla arenosa, 10% de cantos rodados con grava gruesa subangular en 10%, arena media dura en 40% y finos de plasticidad media en 50%, media resistencia en estado seco, dilatancia rápida, tenacidad media, color negruzco, ningún olor, humedad baja, cementación fuerte, homogénea

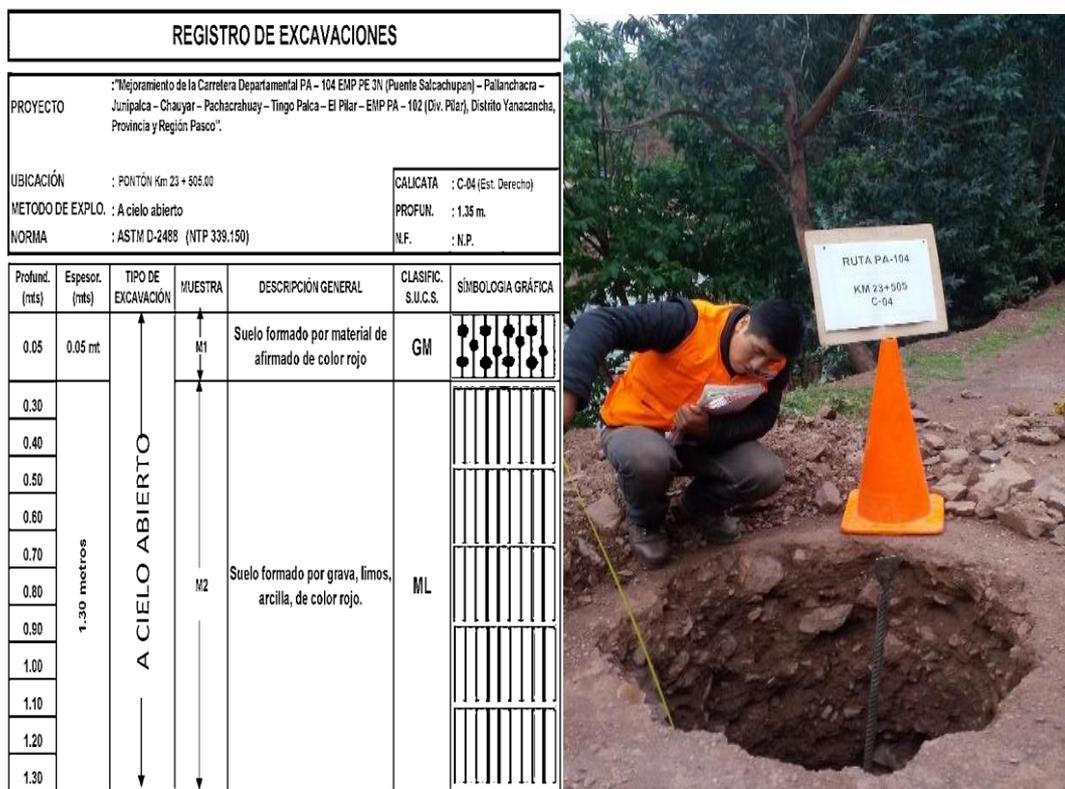


• Resultados de los cálculos realizados

Profundidad (m)	0.30-1.60
% Pasa Tamiz N° 4	33.37
% Pasa Tamiz N° 200	13.26
Límite Líquido (%)	28.9
Índice Plástico (%)	21.92
Contenido de Humedad (%)	9.32
Clasificación SUCS	SW
Clasificación ASSHTO	A-2-6
DENSIDAD MAXIMA	2.28
OPTIMO CONT. DE HUM.	7
ENSAYO DE CORTE DIRECTO	
RESISTENCIA MAXIMA	
Angulo de Fricción Interna	22.70°
Cohesion	0.01 kg/cm ²
RESISTENCIA RESIDUAL	
Angulo de Fricción Interna	22.70°
Cohesion	0.01 Kg/cm ²
Capacidad Admisible por corte	1.85 Kg/cm ²

➤ **PONTÓN Km 23 + 505**

• **Perfil Estratigráfico**



• **Resultados de los cálculos realizados**

Profundidad (m)	0.10-1.20
% Pasa Tamiz N° 4	46.99
% Pasa Tamiz N° 200	10.62
Límite Líquido (%)	25
Índice Plástico (%)	7.48
Contenido de Humedad (%)	9.32
Clasificación SUCS	SW
Clasificación ASSHTO	A-2-4
DENSIDAD MAXIMA	2.14
OPTIMO CONT. DE HUM.	6.02

➤ PONTÓN Km 29 + 903

• Perfil Estratigráfico

REGISTRO DE EXCAVACIONES						
PROYECTO		: "Mejoramiento de la Carretera Departamental PA - 104 EMP PE 3N (Puente Salcachupan) - Pallenhacra - Junipalca - Chayay - Pachacrahuy - Tingo Palca - El Pilar - EMP PA - 102 (Div. Pilar), Distrito Yanacancha, Provincia y Región Pasco".				
UBICACIÓN		: PONTÓN Km 29 + 903.00		CALICATA : C-05 (Est. izquierdo)		
METODO DE EXPLOR.		: A cielo abierto		PROFUND. : 1.40 m.		
NORMA		: ASTM D-2488 (NTP 339:150)		N.F. : N.P.		
Profund. (mts)	Espesor. (mts)	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN GENERAL	CLASIFIC. S.U.C.S.	SIMBOLOGÍA GRÁFICA
0.10	0.30 mt.	A CIELO ABIERTO	M1	Suelo formado por gravas arcillosas, mezcla de grava-arena-arcilla, de color marrón.	GC	
0.20						
0.30						
0.40	1.10 metros		M3	Suelo formado por arenas mal graduadas, arenas con grava, de color rojo.	SP	
0.50						
0.60						
0.70						
0.80						
0.90						
1.00						
1.10						
1.20						



• Resultados de los cálculos realizados

Profundidad (m)	0.30-1.20
% Pasa Tamiz Nº 4	33.93
% Pasa Tamiz Nº 200	1.86
Límite Líquido (%)	24.5
Índice Plástico (%)	9.39
Contenido de Humedad (%)	10.34
Clasificación SUCS	SP
Clasificación ASSHTO	A-2-4
DENSIDAD MAXIMA	2.25
OPTIMO CONT. DE HUM.	6.5

➤ PONTÓN Km 33 + 240

• Perfil Estratigráfico

REGISTRO DE EXCAVACIÓN					
PROYECTO: "Mejoramiento de la Carretera Departamental PA - 104 EMP PE 3N (Puente Salcachupan) - Palancahaca - Junipalca - Chauyar - Pachacrahuy - Tingo Palca - El Pilar - EMP PA - 102 (Div. Pilar), Distrito Yanacancha, Provincia y Región Pasco".					
UBICACIÓN: PONTÓN KM 33 + 240.00			CALICATA: C-06 (Est. Derecho)		
METODO DE EXPLOR. A cielo abierto			PROFUN. : 1.60 M		
NORMA: ASTM D-2488 (NTP 339.150)			NF. N.P.		
PROFUND. (m)	ESPESOR ESTRATO (m)	MUESTRAS OBTENIDAS	SIMBOLO GRAFICO	CLASIFIC. SUCS	DESCRIPCION DEL MATERIAL
0.3	0.3	--		--	Material de cultivo
1.40	1.10	mab-1		GM	Cantos Rodados y bolonería en la parte superior del estrato muy suelto, con matriz de: Grava limosa, 30% de cantos rodados de TM = 18", con grava gruesa subangular en 35%, arena media dura en 30% y finos de plasticidad media en 35%, media resistencia en estado seco, dilatancia rápida, tenacidad media, color marrón, ningún olor, humedad baja, cementación fuerte, homogénea Bolonería de fondo
1.60	0.2	--		Base rocosa	Areniscas pardo claro



• Resultados de los cálculos realizados

Profundidad (m)	0.40-1.40
% Pasa Tamiz N° 4	61.5
% Pasa Tamiz N° 200	26.43
Límite Líquido (%)	33.2
Índice Plástico (%)	12.21
Contenido de Humedad (%)	6.91
Clasificación SUCS	GP-GM
Clasificación ASSHTO	A-2-6
DENSIDAD MAXIMA	2.07
OPTIMO CONT. DE HUM.	9.5
ENSAYO DE CORTE DIRECTO	
RESISTENCIA MAXIMA	
Angulo de Fricción Interna	34.00°
Cohesion	0.16 kg/cm ²
RESISTENCIA RESIDUAL	
Angulo de Fricción Interna	33.86°
Cohesión	0.16 Kg/cm ²
Capacidad Admisible por corte	2.60 Kg/cm ²

➤ PONTÓN Km 33 + 719

• Perfil Estratigráfico

REGISTRO DE EXCAVACIÓN					
PROYECTO : "Mejoramiento de la Carretera Departamental PA - 104 EMP PE 3N (Puente Salcachupan) - Pallanachaca - Junipalca - Chauyar - Pachacrahuay - Tingo Palca - El Pilar - EMP PA - 102 (Div. Pilar), Distrito Yanacancha, Provincia y Región Pasco".					
UBICACIÓN : PONTÓN Km 33 + 719.00				CALICATA : C-07 (Est. Derecho)	
METODO DE EXPLOR. : A cielo abierto				PROFUND. : 1.50 m.	
NORMA : ASTM D-2488 (NTP 339.150)				N.F. : 0.90 m.	
PROFUND. (m)	ESPESOR ESTRATO (m)	MUESTRAS OBTENIDAS	SIMBOLO GRAFICO	CLASIFIC. SUCS	DESCRIPCION DEL MATERIAL
0.5	0.5	--		--	Material de cultivo
1.50	1.00	mab-1		GM	Material granular suelto, con cantos rodados y bolonería de relleno Grava limosa, 20% de cantos rodados de TM= 12", con grava gruesa angular en 70%, arena media dura en 150% y finos de plasticidad media en 15%, media resistencia en estado seco, dilatancia rápida, tenacidad media, color marrón, ningún olor, humedad baja, cementación fuerte, homogénea
					BOLONERÍA



• Resultados de los cálculos realizados

Profundidad (m)	0.23-1.33
% Pasa Tamiz N° 4	28.82
% Pasa Tamiz N° 200	1.25
Límite Líquido (%)	18.2
Índice Plástico (%)	5.24
Contenido de Humedad (%)	11.24
Clasificación SUCS	GP-GM
Clasificación ASSHTO	A-2-4
DENSIDAD MAXIMA	2.24
OPTIMO CONT. DE HUM.	6.6
ENSAYO DE CORTE DIRECTO	
RESISTENCIA MAXIMA	
Angulo de Fricción Interna	30.30°
Cohesion	0.16 kg/cm ²
RESISTENCIA RESIDUAL	
Angulo de Fricción Interna	30.30°
Cohesión	0.16 Kg/cm ²
Capacidad Admisible por corte	2.30 Kg/cm ²

➤ PONTÓN Km 35 + 748

• Perfil Estratigráfico

REGISTRO DE EXCAVACIÓN					
PROYECTO : "Mejoramiento de la Carretera Departamental PA - 104 EMP PE 3N (Puente Salcachupan) - Pallanachaca - Junipalca - Chauyar - Pachacrahuy - Tingo Palca - B Piar - EMP PA - 102 (Div. Piar), Distrito Yanacancha, Provincia y Región Pasco".					
UBICACIÓN : PONTÓN Km 35 + 748.00			CALICATA : C-09 (Est. Izquierdo)		
METODO DE EXPL. : A cielo abierto			PROFUN : 2.5 M		
NORMA : ASTM D-2488 (NTP 339.150)			N.F. : N.P.		
PROFUND. (m)	ESPESOR ESTRATO (m)	MUESTRAS OBTENIDAS	SIMBOLO GRAFICO	CLASIFIC. SUCS	DESCRIPCION DEL MATERIAL
0.50	0.50	--		--	Material de cultivo
1.50	1.00	mab-1		GW	Grava bien graduada 30% de cantos rodados de TM = 30" con grava gruesa subangular en 80%, arena media dura en 10% y finos de plasticidad media en 10%, media resistencia en estado seco, dilatancia rápida, tenacidad media, color marrón rojizo, ningún olor, humedad baja, cementación fuerte, homogénea
2.50	1.00	mab-2		SM	Arena limo arcillosa, 10% de cantos rodados de TM = 2" con grava fina subangular en 20%, arena media dura en 40% y finos de plasticidad media en 40%, media resistencia en estado seco, dilatancia rápida, tenacidad media, color marrón, ningún olor, humedad baja, cementación fuerte, homogénea



• Resultados de los cálculos realizados

Profundidad (m)	1.20-1.30
% Pasa Tamiz N° 4	34.35
% Pasa Tamiz N° 200	13.67
Límite Líquido (%)	0
Índice Plástico (%)	4.95
Contenido de Humedad (%)	5.65
Clasificación SUCS	GW
Clasificación ASSHTO	A-1-a
DENSIDAD MAXIMA	2.1
OPTIMO CONT. DE HUM.	6.6
ENSAYO DE CORTE DIRECTO	
RESISTENCIA MAXIMA	
Angulo de Fricción Interna	34.68°
Cohesion	0.05 kg/cm ²
RESISTENCIA RESIDUAL	
Angulo de Fricción Interna	33.62°
Cohesión	0.44 Kg/cm ²
Capacidad Admisible por corte	252 Kg/cm ²

CONCLUSIONES

- Las causas de los posibles hundimientos son:
Debilidad de la cohesión interna de los materiales conformantes presentando franjas favorables para la percolación de las aguas de lluvias, las que por lavado de los sedimentos finos originan inicialmente agrietamientos longitudinales para luego colapsar, Sobresaturación de los materiales por efectos de las precipitaciones extraordinarias, las mismas que se infiltran y rompen el equilibrio de los estratos del suelo produciendo un gran hundimiento
- Erosión por aguas de lluvia y deficiencias en el sistema de drenaje.
- El problema se origina en la falta o deterioros de las estructuras de drenaje.
- El deterioro progresivo de la plataforma de rodadura a causa de este fenómeno ocasiona la formación de grandes surcos, baches, ahuellamientos y oquedades de diverso diámetro, ocupadas generalmente por acumulaciones de agua, que hacen muy dificultoso el tránsito en los trechos donde se manifiestan estos fenómenos.
- Las Causas de erosión fluvial son:
- Intensas precipitaciones pluviales hacen que los ríos aumenten su caudal, lo que ocasiona consecuentemente un mayor grado de erosión de las riberas del cauce que las que se tiene en las épocas de estiaje.

- Se lograron identificar geodinámica relacionado a estructuras y lineamientos, como deslizamientos y hundimientos.
- A lo largo de la vía no se ha encontrado sectores altamente críticos, sectores donde exista la amenaza o inminencia de ocurrencia y/o activación de algún fenómeno de geodinámica externa que pueda ocasionar la obstrucción de la vía por varios días y/o ponga en peligro inminente la seguridad de los transeúntes; los fenómenos más significativos corresponden a deslizamientos superficiales y los menos relevantes a caída de derrubios; los sectores con problemas geodinámicos son del tipo: erosión ribereña, deslizamiento, derrumbes y hundimientos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda las siguientes medidas correctivas:

- Remoción del material inestable propenso a hundirse, lo cual se deberá realizar mediante maquinaria convencional evitando el uso de explosivos para evitar la activación del proceso geodinámico.
- Sellado y/o impermeabilizado (con arcilla) de las grietas de tracción que se ubican en los lugares de cimentación, con lo que se evitara la lubricación de la superficie de falla y la saturación de la masa deslizante.
- Obras de drenaje: sub drenaje longitudinal y horizontal; las cuales reducirán el nivel freático y evitara la saturación de la masa deslizante por las aguas de escorrentía pluvial y superficial.

➤ **Medidas Correctivas de los hundimientos**

Se recomiendan las siguientes medidas de solución y/o mitigación, las cuales se deberán emplear según las características individuales de cada sector, para cada área se tomaran una o un grupo de acciones a seguir.

- Elevar la rasante con una base material granular clasificado (pedraplén).
- Implementar un sistema de sub drenaje longitudinal.
- Revestir las cunetas y canales existentes.
- Emboquillar las entradas y salidas de las alcantarillas que se encuentren en el área de influencia de estos sectores.

BIBLIOGRAFIA

1. Alan Raúl Granados López, "Estabilización del Talud de la Costa Verde en la zona del Distrito de Barranco", Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú.
2. Alva Hurtado, J. (febrero de 1994). *Cismid*. Obtenido de Facultad de Ingeniería Civil:
http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/a_labgeo/labgeo02_a.pdf
3. Braja M. Das, "Principios de Ingeniería de Cimentaciones", Quinta Edición, México D.F.: Editorial Thomson 2006.
4. Crespo Villalaz, Carlos. "Mecánica de suelos y cimentaciones", 4da. Ed. México D.F.: Editorial Limusa. 1995.
5. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente Secretaría ejecutiva para asuntos Económicos y Sociales Organización de Estados Americanos. (1993). *Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado*. Washington, D.C.: Casma.
6. Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos Área de aguas superficiales. (diciembre de 2010). *Autoridad Nacional del Agua*. Obtenido de:
http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/evaluacion_rh_superficiales_rio_mantaro_0.pdf.
7. Dr. Jorge Alva Hurtado, Ing. Mariella Geovanna Cañarí Sánchez, "Análisis de la estabilidad de Taludes de la Costa Verde", Artículo de Investigación, Perú.

8. Espinoza Duran Carlos Eduardo, Tapia Berzoza Leandro Enrique, “Análisis comparativo entre los métodos de estabilidad de Taludes”, proyecto de graduación previo a la obtención del grado de Ingeniero Civil, Universidad de Cuenca – Ecuador.
9. Espinoza Durán, C. E., & Tapia Berzoza, F. E. (2013). Análisis comparativo entre los métodos de estabilidad de taludes aplicados a las presas de tierra del Proyecto PACALORI. Obtenido de dspace.ucuenca.edu.ec:
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4572/1/TESIS.pdf>.
10. García López, J. (2005). Análisis de vulnerabilidad por movimientos de ladera: Desarrollo de las metodologías para evaluación y cartografía de la vulnerabilidad. Obtenido de http://info.igme.es/SIDIMAGENES/113000/263/113263_0000010.PDF
11. Guillén Martínez, C. E. (2004). Estabilidad de Taludes en los Departamentos de Guatemala y alta Verapaz, casos reales. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
12. Guillén Martínez Carlos Eduardo, “Estabilización de Taludes en los departamentos de Guatemala y alta Verapaz, casos reales”, tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala.
13. Granados López, A. R. (2006). *Estabilización del Talud de la Costa Verde en la zona del Distrito de Barranco*. Obtenido de PUPC:

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/170/GRANAD>

OS_ALAN_ESTABILIZACION_TALUD_COSTA_VERDE.pdf;

jsessionid=34E2A981BDD41C4C007370E8375E43D6?sequence=1

14. John Soto, J. R. (2011). *Cybertesis*. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/bmfcij.65p/doc/bmfcij.65p.pdf>
15. Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Dirección General de Caminos, 'Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras -20000'
16. Montiel Mansilla Adolfo, "Protección y Estabilización de Taludes para evitar Deslizamientos", Tesis para optar al título de Ingeniero Constructor, Universidad Austral de Chile.
17. Rico Rodríguez, Alfonso. "La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres 1: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas". Mexico: Limusa, 2008
18. Torres Chung Cesar Roberto, "Valorización del Riesgo en Deslizamientos", Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad Ricardo Palma, Lima – Perú.