

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



**EVALUACION GEOTECNICA EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA  
DEPARTAMENTAL PALCA - TAPO - RICRAN –  
YAULI - JAUJA - REGIÓN JUNÍN**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO GEOLOGO**

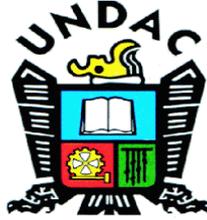
**Presentado Por:**

**Bach. BOZA JURADO, Roy Wilder**

**Asesor: Ing. RAMIRO DE LA CRUZ FERRUZO**

**PASCO – PERÚ 2018**

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



**EVALUACION GEOTECNICA EN EL MEJORAMIENTO DE  
LA CARRETERA DEPARTAMENTAL PALCA - TAPO -  
RICRAN – YAULI - JAUJA - REGIÓN JUNÍN**

**Presentado Por:**

**Bach. BOZA JURADO, Roy Wilder**

**SUSTENATDO Y APROBADO ANTE LA COMISIÓN DE JUARDOS:**

***Mg. Julio A. MARCELO AMES  
PRESIDENTE***

***Mg. Javier LOPEZ ALVARADO  
MIEMBRO***

***Mg. Vidal V. CALSINA COLQUI  
MIEMBRO***

*El logro de esta etapa en mi vida quiero dedicárselo a mis padres, a mis hijos y a todos quienes en algún momento colaboraron directa o indirectamente en este maravilloso resultado. Gracias a Dios por haberme dado fortaleza para salir adelante en mi carrera.*

## **Agradecimientos**

*Gracias Papá y Mamá por sus valores e ímpetu de superación que nos inculcaron desde pequeños a sus hijos para que seamos personas de bien. Lo lograron.*

*Por toda la entrega, cuidado y amor mientras mi compañía estaba ausente en horas de estudio para con mis hijos, gracias.*

*Gracias a mis hermanos y a toda mi familia por su apoyo absoluto en cada momento de mi vida, los quiero mucho.*

*Por su puesto no pueden faltar los amigos y amigas, que siempre estuvieron ahí para animarme, alentarme y con todo esto lograr crecer como persona cada día más.*

## INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INTRODUCCION

### **CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

1.1. DETERMINACION DEL PROBLEMA	10
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA	11
1.3. OBJETIVO GENERAL	11
1.3.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
1.4 JUSTIFICACION DEL PROBLEMA	12
1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACION	12
1.6 LIMITACIONES	12

### **CAPITULO II MARCO TEORICO**

2.1 ANTECEDENTES Y CARACTERÍSTICAS ACTUALES	13
2.2 BASES TEÓRICOS – CIENTÍFICOS	14
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	49
2.4 SISTEMA DE HIPOTESIS	50
2.4.1 HIPOTESIS GENERAL	50
2.4.2 HIPOTESIS ESPECIFICAS	51
2.5 SISTEMA DE VARIABLES	51
2.5.1 VARIABLES INDEPENDIENTES:	51
2.5.2 VARIABLES DEPENDIENTES:	51
2.5.3. VARIABLES INTERVINIENTES:	51

### **CAPITULO III METODOLOGIA DEL ESTUDIO**

3.1. DISEÑO DE INVESTIGACION	52
3.2. TIPO DE INVESTIGACION	52
3.3. DISEÑO DE INVESTIGACION	52
3.4. POBLACION Y MUESTRA	53
3.5. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	54
3.6. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	54

### **CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSION**

4.1 TRATAMIENTO ESTADISTICO E INTERPRETACION DE CUADROS	55
4.1.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	55
4.2 PRESENTACION DE RESULTADOS, TABLAS, GRAFICOS, FIGURAS	58
4.2.1. CLIMA	<b>58</b>
4.2.2. GEOLOGÍA REGIONAL	59
4.2.3. ESTRATIGRAFÍA	59
4.2.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	66
4.2.5. GEOMORFOLOGÍA	68
4.2.6. GEOLOGIA LOCAL	74
4.2.7. CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS	87
4.2.8. CARACTERIZACION GEOTECNICA DE TRAZO	113
4.2.9. CLASIFICACION DE MATERIAL DE CORTE	115
4.3. PRUEBA DE HIPOTESIS	144
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFIA	

## INTRODUCCION

El proyecto responde al problema de **acceso** a los mercados de consumo y servicios básicos de la población de los distritos de Ricran,

Tapo. El problema se caracteriza por la dificultad de la población de insertarse en el mercado, debido a la falta de mejoramiento de vías de comunicación que dificulta el transporte de pasajeros y carga. las oportunidades son la comercialización de la producción agraria, la creciente demanda mundial por la alimentación natural (producción andina de productos orgánicos caracterizados por ser cultivados sin uso de fertilizantes, pesticidas y cualquier otro insumo químico).

El Gobierno Regional Junin 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.

La finalidad del estudio es el de mejorar la carretera Palca - Tapo - Ricran - Yauli - Jauja, y de esta manera interconectarse a la red vial nacional del centro (Huancayo - Lima). Asimismo, determinar las necesidades de obras de arte y drenaje para que la carretera tenga adecuadas condiciones de transitabilidad.

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, se plantea el mejoramiento de puentes, pontones, alcantarillas y badenes de concreto, muros secos, cunetas, estabilización de taludes, señalización preventiva e informativa.

El proyecto contempla el mejoramiento de 69+000 km de carretera vecinal, iniciándose en Jauja en el km 0+000 en la intersección de la Av. Evitamiento con la Av. Moto Vivanco hasta el km 69+000 ubicado en la intersección con la carretera Tarma – La Merced.

El presente Estudio de Geología está elaborado de acuerdo a la propuesta de ingeniería del estudio y a los términos de referencia utilizados para este tipo de obras. El trabajo de campo comprendió una apreciación del estado actual de la vía, desde el punto de vista geológico y geotécnico; así como la obtención de datos relacionados con las características geológicas regionales y locales.

El informe ha sido elaborado siguiendo los lineamientos de los Términos de Referencia (TdR) en el Estudio para el mejoramiento de la carretera departamental Ju-103 tramo: emp. pe-22 a Palca - Tapo - Antacucho - Ricran - Abra Cayan - Yauli -Pacán - emp. pe-3s a Jauja, de 69+000 kms, de longitud.

La carretera se ubica sobre las estribaciones del flanco occidental del sector Oriental de la Cordillera de los Andes. Regionalmente, se ubica a sus inicios en la depresión de Jauja con una altitud de 2230 msnm, para luego ascender hasta los 4135 msnm, para luego descender a lo largo de la cuenca del río Ricrán. Su ubicación geográfica hace que ésta área posea un clima templado- frío de valle andino, pasando conforme se va ascendiendo a un clima frío, para posteriormente cuando se desciende un clima templado característico c hua, moderadamente lluvioso, las cuales tienen estaciones bi una lluviosa y otra seca. En los

períodos lluviosos, entre diciembre y marzo, el río Ricran incrementa su caudal considerablemente y las quebradas incrementan la carga de aguas de escorrentía, produciendo erosión en su trayectoria; de la misma manera, las lluvias y el cambio de temperatura, permiten la meteorización física y química de los macizos rocosos y suelos produciendo una geodinámica externa moderada.

La secuencia geológica de esta zona está constituida por rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas y depósitos cuaternarios generalmente estables.

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. DETERMINACION DEL PROBLEMA**

El presente Estudio de Ingeniería de Geotecnia está elaborado de acuerdo a la propuesta de ingeniería del estudio y a los términos

de referencia utilizados para carreteras departamentales, para determinar las características geológicas y geotécnicas del tramo de la carretera propuesta.

Se realizó el recorrido total del tramo de la carretera, tomando en cuenta las progresivas se tomaron datos geológicos geotécnicos que serán procesados para lograr el objetivo de conocer las propiedades geológicas geotécnicas de las rocas y suelos que afloran en la zona de estudio.

El mejoramiento de la plataforma proyectada, transcurre en corte a media ladera en un 90% de su longitud total y en relleno en un 10%, por consiguiente, la parte de relleno se ha construido con el material propio del corte, con un ancho promedio de plataforma de 4.0 m.

Las zonas que resultan en relleno sin corte son pocas y están construidas con material transportado de los cortes cercanos.

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.

## **1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA**

¿Cómo influye la geotecnia en el mejoramiento de la Carretera Palca - ¿Tapo - Ricran - Yauli – ¿Jauja, Región Junin?

## **1.3. OBJETIVO GENERAL**

El objetivo de la presente investigación es:

Determinar las características geotécnicas de los suelos y rocas en el mejoramiento de la de la Carretera Palca - Tapo - Ricran - Yauli – Jauja, Región Junin.

### **1.3.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

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

### **1.4 JUSTIFICACION DEL PROBLEMA**

Este trabajo de tesis se justifica porque es necesario realizar el mejoramiento de la carretera y determinar la resistencia, calidad de los suelos y macizos rocosos, para establecer criterios de mejora en la carretera propuesta 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 en el mejoramiento de las vías de comunicación de las regiones agrícolas en la zona de estudio y determinar la estabilidad y calidad del macizo rocoso y de los suelos 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 geológicos geodinámicos realizados en diferentes lugares del Perú que se toman como referencia para determinar el tipo de carretera y obras de arte en base a las propiedades geológicas tectónicas 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.

La zona de estudio se de lado oeste de la mega Unidad Geomorfológica de la Cordillera Oriental, determinada por INGEMMET, la cual se encuentra constituida por un núcleo paleozoico, en partes, cubiertas por rocas del Jurásico, las cuales se encuentran deformadas por fuertes plegamientos, fallas y sobreescurrecimientos.

## **2.2 BASES TEÓRICOS – CIENTÍFICOS**

### **CLASIFICACIÓN DE MATERIALES DE CORTE**

Los materiales que serán excavados, removidos, cargados y transportados hasta su disposición final, estos materiales son productos de los cortes requeridos para la ampliación de la vía, excavación y nivelación de las zonas comprendidas dentro del prisma donde ha de fundarse la carretera, incluyendo taludes y cunetas; así

como la escarificación, conformación y compactación de la subrasante en corte.

La clasificación es en porcentajes y toma como criterios la clasificación de la normativa de la Sección 205 – “Excavación para Explanaciones” de las normas de la DGC-MTC, en la que se determina las siguientes clasificaciones:

**ROCA FIJA:** Comprende la excavación de masas de rocas mediana o fuertemente litificadas que, debido a su cementación y consolidación, requieren el empleo sistemático de explosivos.

**ROCA SUELTA:** Comprende la excavación de masas de rocas cuyo grado de fracturamiento, cementación y consolidación permite el uso de y/o requieren el uso de explosivos, siendo este último en menor proporción que en el caso de roca fija, también están incluido en esta clasificación la excavación de bloques con volumen individual mayor de un metro cúbico (1 m<sup>3</sup>), procedentes de macizos alterados o de masas transportadas o acumuladas por acción natural, que para su fragmentación requieran el uso de explosivos.

**MATERIAL SUELTO:** Comprende los suelos no cementados y rocas muy alteradas y fracturadas cuya remoción solo requiere el empleo de maquinaria y/o mano de obra.

También se toma como criterio de clasificación el comportamiento natural de los taludes “in situ”; en los taludes de roca se relacionan con la distribución del sistema de discontinuidades, características del relleno y las propiedades de la roca intacta; y en los taludes

conformados por un depósito cuaternario (suelo) está íntimamente relacionado con su geometría, granulometría, compacidad, cementación, presencia de agua, grado de alteración de las partículas y la susceptibilidad a la erosión.

Dada las características topográficas, climáticas y geológicas de la zona de estudio, los taludes de poca pendiente se encuentran conformados por una delgada capa de depósitos cuaternarios, principalmente por suelos residuales y/o coluviales, presentando una transición de suelo residual al substrato rocoso, variando la base rocosa desde altamente alterada y fracturada a inalterada y sana; para determinar el límite y/o variabilidad de este contacto se efectuó una inspección visual y se realizaron pequeños piques de exploración con la ayuda del martillo de geólogo, en distintos sectores a lo largo de la vía. Existen sectores, sobre todo en las curvas de volteo, donde que la naturaleza de los materiales no permiten definir exactamente la variabilidad (suelo/roca) ante, por lo cual se recomienda, para efectos de la valoración del volumen en los trabajos de movimiento de tierras, considerar un precio ponderado calculado en base a los porcentajes precisados, los cuales se basan en la proyección de los resultados de la exploración.

Para la clasificación de los afloramientos rocosos, se ha tomado como factor cualitativo de referencia de la dureza de los mismos, para lo cual se utilizó la Tabla inferior, realizando pruebas con el martillo en cada uno de los afloramientos inventariados.

Posteriormente se

relacionó con el criterio de ripabilidad según Weaver.

Clasificación	Identificación
Muy dura	El martillo produce solamente descarillado de la muestra. Sonido metálico del golpe.
Dura	El espécimen es fracturado con muchos golpes del martillo.
Medianamente Dura	El espécimen requiere más de un golpe de martillo para ser fracturado.
Ligeramente suave	No se puede raspar o descarillar con un cuchillo de bolsillo. El espécimen puede ser fracturado con un solo golpe firme de martillo
Débil o suave	Se descarilla con dificultad con un cuchillo de bolsillo; indentado poco profundo con golpes firmes con la punta del martillo del geólogo.
Muy débil	Se descompone con golpes firmes con la punta del martillo de geólogo. Puede ser descarillado con un cuchillo de bolsillo.

Fuente: Instituto Tecnológico Geominero de España (1994)

*Clasificación para estimar el índice de dureza de la Roca.*

CLASE DE ROCA	I	II	III	IV	V
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Roca muy buena	Roca buena	Roca media	Roca mala	Roca muy mala
<b>VELOCIDAD SÍSMICA (m/s)</b>	> 2150	2150 - 1850	1850 - 1500	1500 - 1200	1200 - 450
<b>Puntuación</b>	26	24	20	12	5
<b>DUREZA</b>	Roca extremadamente dura	Roca muy dura	Roca dura	Roca blanda	Roca muy blanda
<b>Puntuación</b>	10	5	2	1	0
<b>ALTERACIÓN</b>	Sana	Ligeramente alterada	Alterada	Muy alterada	Completamente alterada
<b>Puntuación</b>	9	7	5	3	1
<b>ESPACIADO DE JUNTAS (mm)</b>	> 3000	3000 - 1000	1000 - 300	300 - 50	< 50
<b>Puntuación</b>	30	25	20	10	5
<b>CONTINUIDAD DE LAS JUNTAS</b>	Discontinuas	Poco continuas	Continuas sin relleno	Continuas con algún relleno	Continua con relleno
<b>Puntuación</b>	5	5	3	0	0
<b>RELLENO EN LAS JUNTAS</b>	Cerradas	Algo separadas	Separadas < 1 mm	Con relleno < 5 mm	Con relleno > 5 mm
<b>Puntuación</b>	5	5	4	3	1
<b>ORIENTACIÓN DE LA DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO</b>	Muy desfavorable	Desfavorable	Poco desfavorable	Favorable	Muy favorable
<b>Puntuación</b>	15	13	10	5	3
<b>VALORACIÓN TOTAL</b>	100 - 90	90 - 70*	70 - 50	50 - 25	< 25
<b>VALORACIÓN DE LA RIPABILIDAD</b>	Voladura	Extremadamente difícil de reparar	Muy difícil de reparar	Difícil de reparar	Fácilmente ripable
<b>Selección de la maquinaria</b>	-	DD9G/D9G	D9/D8	D8/D7	D7
<b>Potencia (CV)</b>	-	770/385	385/270	270/180	180
<b>KW</b>	-	575/290	290/200	200/135	125

En el caso de que los taludes en material suelto (depósitos cuaternarios no cementados y/o sectores de rocas muy fracturadas) a proyectar alcancen alturas mayores de 10 metros, los cortes deberán ser ejecutados en banquetas, cada 6 metros de altura, con pasos (bermas) de 3 metros de ancho y con una inclinación de 2% hacia una cuneta revestida que se

ubicará al pie de cada banquetta, la cual derivará el agua de escorrentía superficial hacia la quebrada natural más cercana. Las banquettas se diseñarán con un tendido del talud (H: V) de acuerdo a las recomendaciones indicadas en la Clasificación de Materiales de Corte.

## **SISMICIDAD**

La ubicación geográfica del Perú, dentro del contexto geotectónico mundial “Cinturón de Fuego Circunpacífico” y la existencia de la placa tectónica de Nazca, que se introduce debajo de la Placa Sudamericana, hacen de nuestro país un territorio con alto índice de sismicidad. Ello se advierte por los continuos movimientos telúricos producidos a lo largo de nuestra historia; así como por los eventos catastróficos registrados.

La tectónica de la región andina es controlada principalmente por el desplazamiento de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana, esto genera un plano de fricción de ambas placas, originando un número ilimitado de sismos de diversas magnitudes a diferentes niveles de profundidad. “La placa sudamericana crece a partir de la cadena meso-oceánica del Atlántico, avanzando hacia el noroeste con una velocidad de 2 a 3 cm por año, encontrándose con la placa de Nazca en su extremo occidental. A su vez, la placa de Nazca crece en la cadena meso-oceánica del Pacífico y avanza hacia el este con una velocidad de 5 a 10 cm por año, hundiéndose bajo la Placa Sudamericana con una velocidad de convergencia de 7 a 13 cm por año”. (Tavera, H. 1993)

Estos sismos constituyen la principal fuente sismogénica presente en Perú debido a la ocurrencia de sismos de magnitud elevada de manera muy

frecuente, los mismos que han producido un alto grado de destrucción y mortalidad en la zona oeste del Perú. La ocurrencia menos frecuente de sismos destructores se produce en el interior del continente, siendo esta la segunda fuente sismogénica, caracterizada por generar sismos de magnitud menor, pero al ser más superficiales son igual de destructivos que los anteriores.

El análisis y formulación de los parámetros sísmicos para el diseño de estructuras, ha sido definido dentro del marco conceptual básico del Manual de Diseño de Puentes DGSF – MTC y en lo que aplique, a la Norma Técnica NT-E.30 del Reglamento Nacional de Construcciones del Perú; en este contexto, se ha definido el factor de aceleración máximo de terreno (Z), que se relaciona con la ubicación geográfica y el factor S que es involucrado en el cálculo del efecto de ampliación del suelo.

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

*Tabla: Factores de Zona.*

FACTOR DE SUELO "S"				
Suelo	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Zona				

Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,05	1,10
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>2</sub>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,60	2,00

*Tabla: Factor de Suelo.*

Cuadros determinados en base a la distribución espacial de la sismicidad documentada en el país, así como a las características de los movimientos sísmicos y a las tendencias de intensidad decreciente con respecto a los epicentros registrados en el Catálogo Sísmico Nacional.

La clasificación Del perfil de suelo presentado en estas zonas es de tipo S<sub>0</sub> y S<sub>2</sub>: Roca Dura y Suelos Intermedios:

#### **PERFIL TIPO S<sub>0</sub> - Roca Dura**

A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte VS mayor que 1500 m/s. Las mediciones deberán corresponder al sitio del proyecto a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas. Cuando se conoce que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, las mediciones de la velocidad de las ondas de corte superficiales pueden ser usadas para estimar el valor de VS.

#### **PERFIL TIPO S<sub>2</sub> - Suelos Intermedios**

A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte Vs, entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente

densa, con valores del SPT N60, entre 15 y 50.

- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada  $S_u$  entre 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

Parámetros del Suelo				
Tipo	Descripción	TP	TL	S
S <sub>0</sub>	Roca Dura	0,3	3,0	0,80
S <sub>2</sub>	Suelos Intermedios	0,6	2,0	1,20

*Tabla: Parámetros del Suelo*

### **ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MACIZO ROCOSO**

Muchas veces se hace uso de la clasificación Bieniawsky

#### ➤ **CLASIFICACION DE BIENIAWSKY (1973), ACTUALIZADA EN EL 1989**

Este método le da un peso a cada uno de una serie de parámetros que se han integrado a una fórmula en la cual participan: el RQD; el grado de alteración de la roca; la separación promedio entre diaclasas (espaciamiento en el juego más desfavorable); la resistencia de la roca sana (compresión simple, en Kg/cm<sup>2</sup>); la apertura de las diaclasas; la continuidad o extensión de las diaclasas (persistencia); el flujo del agua que pudiere observarse en las discontinuidades relevadas; y, la orientación de las diaclasas (rumbo y buzamiento)

Teniendo como resultado la siguiente clasificación:

- Macizo Clase I: Roca sana, sin fracturas
- Macizo Clase II: Roca sana poco fracturada
- Macizo Clase III: Roca sana a alterada y fracturada
- Macizo Clase IV: Roca alterada a muy alterada y muy fracturada
- Macizo Clase V: Suelo de alteración de la roca o suelo

**I.- PARÁMETROS DE CALIFICACIÓN**

<b>RMR (1) RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA INTACTA</b>							
VALOR (kp/cm <sup>2</sup> )	>2.500	1.000-2.500	500-1.000	250-500	50-250	10-50	<10
VALORACIÓN	15	12	7	4	2	1	0

<b>RMR (2+3) RQD Y SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS</b>																
JUNTAS POR METRO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
VALORACIÓN	40	34	31	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	16	17
JUNTAS POR METRO		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
VALORACIÓN		17	16	15	14	14	13	13	12	12	11	11	10	10	9	9
JUNTAS POR METRO		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
VALORACIÓN		9	8	8	7	7	7	6	6	6	5	5	5	4	4	4

<b>RMR(4)</b>	<b>ESTADO DE LAS DIACLASAS</b>				
PERSISTENCIA	<1 m	1-3m	3-10m	10-20m	20m
	6	4	2	1	0
APERTURA	0	<0,1 mm	0,1-1 mm	1-5 mm	> 5 mm
	6	5	4	1	0
RUGOSIDAD	Muy rugosa	Rugosa	Liger. rugosa	Lisa	Espejo falla
	6	5	3	2	0
RELLENO	NO HAY	DURO CON ESPESOR <5mm	DURO CON ESPESOR >5mm	BLANDO CON ESPESOR <5mm	BLANDO CON ESPESOR >5mm
	6	5	3	2	0
GRADO DE METEORIZACIÓN	NO AFECTADO	LIGERO	MODERADO	ALTO	DESCOMPUERTO
	6	5	3	1	0

<b>RMR (5)</b>	<b>EFECTO DEL AGUA</b>				
ESTADO	SECO	LIG. HÚMEDO	HÚMEDO	GOTEANDO	CHORREANDO
VALORACIÓN	15	10	7	4	0

**II.- CORRECCIÓN SEGÚN LA ORIENTACIÓN DE LA OBRA**

<b>DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL</b>				<b>DIRECCIÓN PARALELA AL EJE DEL TÚNEL</b>		<b>Buzamiento 0°-20° cualquier dirección</b>
<b>Excavación hacia buzamiento</b>		<b>Excavación contra buzamiento</b>		<b>Buzam. 45-90</b>	<b>Buzam. 20-45</b>	
<b>Buzam. 45-90</b>	<b>Buzam. 20-45</b>	<b>Buzam. 45-90</b>	<b>Buzam. 20-45</b>			
Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable	Media	Media
0	-2	-5	-10	-12	-5	-5

Orientación de rumbo y buzamiento de las fisuras		Muy Favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy Desfavorable
Valores	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Valor total del RMR	81-100	61-80	41-60	21-40	<20
Clase Número	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy Bueno	Bueno	Medio	Malo	Muy Malo

## DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES

El criterio de evaluación utilizado está en función al tipo de material que constituye el talud, dado que el comportamiento de un talud en roca está relacionado con la distribución del sistema de discontinuidades, características del relleno y las propiedades de la roca intacta; y el comportamiento de un talud conformado por un depósito cuaternario, está íntimamente relacionado con su geometría, granulometría, compacidad, presencia de agua, grado de alteración de las partículas y la susceptibilidad a la erosión.

El criterio de evaluación en función a la dureza de la roca, no se considera en esta evaluación dado que la experiencia ha demostrado, que taludes en roca dura pueden ser inestables si su sistema de discontinuidades es desfavorable al corte; asimismo, se ha visto que taludes en roca muy alterada, tienen un buen comportamiento si su

sistema de discontinuidades no es crítico con respecto al corte de la carretera.

Por lo tanto, el sistema en función que a continuación se describe considera para cada tipo de material sus principales agentes condiciones.

### **VALORACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN SUELO (ETS)**

El sistema de valoración de la Estabilidad de taludes en Suelo (ETS), en un sistema que a lo largo de los años se ha pretendido realizar y es el fruto de una investigación cuidadosa y detallada de más de 700 taludes. Para poder ver el comportamiento de los taludes, se ha realizado un análisis de todos los parámetros que influyen en la inestabilidad de taludes; estos parámetros fueron agrupados y se observó la sensibilidad de cada uno de ellos. Del análisis realizado se ha determinado que son 7 los factores principales que intervienen en la estabilidad de los taludes en suelo, siendo estas las siguientes:

- a) **GRANULOMETRÍA:** Se ha notado que este parámetro es importante en la evaluación de taludes. Una mayor concentración de finos, como envolvente lo hace más estable. Este mismo parámetro está relacionado con la angularidad de las partículas, mientras más angulosas son las partículas mayor es la estabilidad.
- b) **RELACIÓN DEL ÁNGULO DEL TALUD Y SU COMPACIDAD:** Se ha observado que los taludes mientras más se alejan de su ángulo de reposo son más inestables. Este efecto se aminora si existe

compacidad en todos sus bloques; por lo tanto, este valor lo consideramos tomando en cuenta la diferencia del ángulo del talud con el ángulo de reposo, afectado por el grado de compacidad.

- c) **ALTURA DEL TALUD:** De toda la base de datos se ha incluido que existe una relación directamente proporcional de la altura con su estabilidad. Este parámetro está considerado en la evaluación.
- d) **ALTURA CRÍTICA Y SU UBICACIÓN:** La altura crítica la definimos como la altura del talud propensa al deslizamiento y su ubicación en el talud es otro parámetro que influye en la estabilidad global, en las hojas de cálculo se ha definido tres ubicaciones, en la parte baja, parte media y en la parte alta del talud.
- e) **CONDICIONES DEL AGUA:** Se ha verificado que mientras más agua tiene el talud, es más inestable; dentro de la valoración de taludes se identifica si está completamente seca, húmeda, si existe goteo o flujo de agua, dando mayor valoración cuando existe flujo de agua.
- f) **GRADO DE ALTERACIÓN:** El grado de alteración de las partículas influye en la estabilidad del talud, este parámetro se ha incorporado aunque su influencia es mínima.
- g) **SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO:** En este tramo específico se ha observado que los taludes erosionados son propensos al desprendimiento de bloques y deslizamiento, por lo que interviene en la valoración de la estabilidad de taludes y se toma en cuenta si existe probabilidad de su ocurrencia.

Finalmente, la Valoración “ETS”, se obtiene sumando los valores parciales del análisis.

### **VALORACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN ROCA**

Los macizos rocosos se presentan en el medio de una manera no continua, no homogénea ni isotrópica, y está afectado por discontinuidades tales como fallas, pliegues, juntas, agrietamientos motivo por cual determinar sus propiedades mecánicas resulta complicado por la escala y magnitud, por lo que para determinar estas características se ha usado las relaciones empíricas planteados Bieniawski en 1979.

El sistema de valoración del macizo rocoso (Rock Mass Rating), también conocido como Clasificación Geomecánica, fue desarrollado por Bieniawski durante los años de 1972 a 1973, modificado con los años conforme más casos históricos llegaron a estar disponibles, y adecuado a las normas y procedimientos internacionales (Bieniawski, 1979). Este método es aceptado debido a su inherente facilidad de uso y versatilidad en la práctica de la ingeniería, involucrado túneles, cámaras, minas, taludes y cimentaciones.

Este método presenta las ventajas siguientes:

- Proporciona las cualidades del sitio investigado con un mínimo de parámetros de clasificación.
- Proporciona información cuantitativa para propósitos de diseño.
- Es simple y significativa en términos, pues está basada en parámetros medibles que pueden ser determinados rápidamente y a bajo costo.

El sistema RMR, cuenta con cinco parámetros básicos siendo estas los siguientes:

### **1. RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA**

Bieniawski basa sus valuaciones en rangos de Resistencia Compresiva Uniaxial de la roca intacta, de acuerdo al Índice de la Carga Puntual (PLT) o al índice del golpe del martillo del geólogo.

### **2. DESIGNACIÓN DE LA CALIDAD DE LA ROCA (RQD)**

El RQD, propuesto por Deere (1967), es de uso frecuente como una medida de la calidad de testigos de perforación, en función al fracturamiento del macizo rocoso. El RQD es definido como la relación porcentual de la suma de las longitudes de testigos exentos de fracturas de 10 cm o más, respecto a la longitud perforada.

$$RQD = \frac{\Sigma \text{ long. de testigos } > 10 \text{ cm}}{\text{Longitud perforada}} \times 100$$

Cuando no se cuenta con testigos de perforación es posible estimar el RQD en afloramiento rocoso, haciendo uso de la siguiente propuesta por Barton en 1974.

$$RQD = 115 - 3.3 J_v$$

Donde:

$$J_v = N \text{ de fracturas/m}^3 \text{ de roca.}$$

### **3. ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES**

Para esta característica del macizo rocoso, Bieniawski en su clasificación RMR modificada de 1979, considera los rangos recomendados por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas.

#### **4. ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES**

Para la valuación de este parámetro, se toma en cuenta la separación o abertura de la discontinuidad, extensión, rugosidad y grado de alteración de las paredes, y el tipo de material de relleno.

#### **5. CONDICIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA**

Toma en consideración la influencia del flujo de agua subterránea en rangos de flujo observado, la relación de la presión del agua en las discontinuidades con el esfuerzo principal mayor, o por alguna observación cualitativa general de las condiciones del agua subterránea.

La clasificación RMR ha sido complementada con factores de reducción que dependen de la interrelación de los elementos de orientación de las discontinuidades con la obra de ingeniería, así como de los métodos de excavación.

En función al sistema de valoración propuesto por Bieniawski en 1979, Romana en 1985, propuso un sistema de valoración de aplicación a taludes, este sistema considera el efecto de la discontinuidad del macizo rocoso en función al corte del talud, por otro lado considera, el tipo de falla predominante y método de excavación; el siguiente cuadro resume el esquema de evaluación en taludes rocosos.

#### **GRADO DE ESTABILIDAD DE TALUDES**

Para uniformizar la evaluación y se pueda entender bajo un mismo criterio se ha realizado una cuidadosa observación de las condiciones de los taludes, mediante el cual se divide los taludes por su grado de estabilidad en los siguientes grupos:

EO: Talud Totalmente Estable

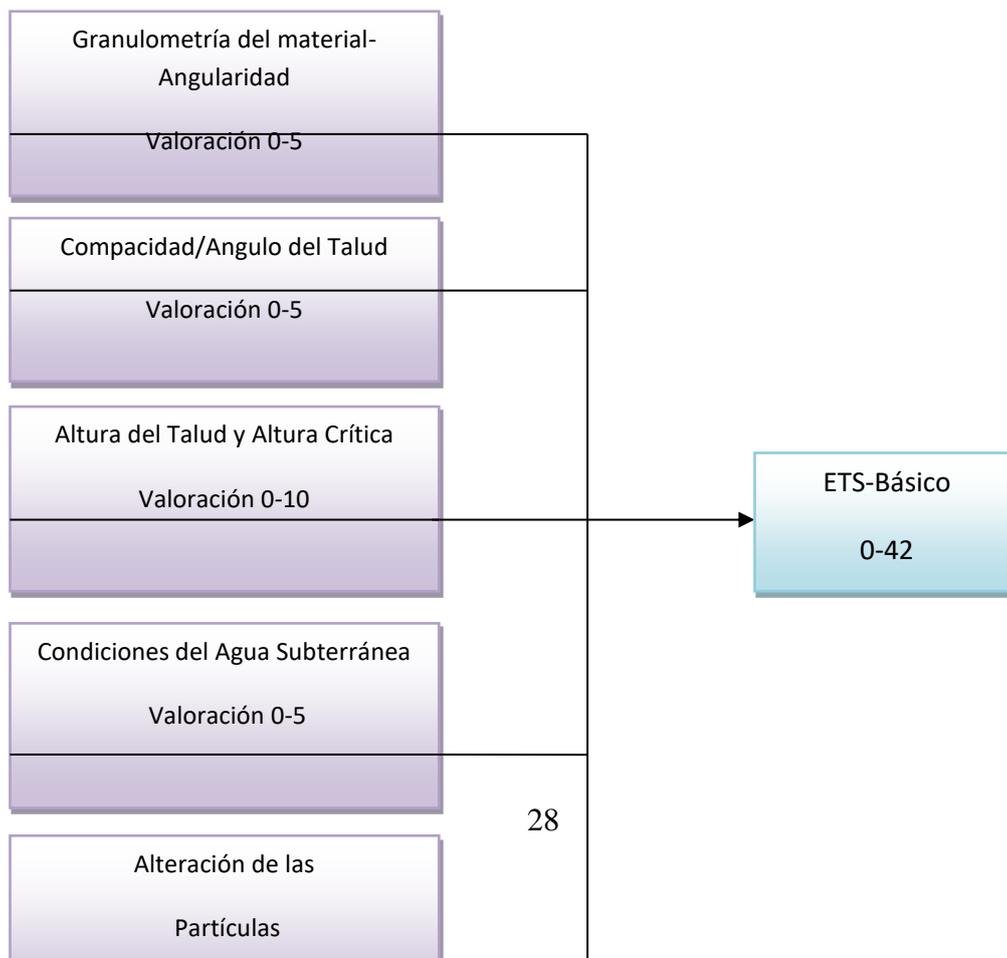
E1: Talud Normalmente estable o Parcialmente estable.

E2: Talud Inestable

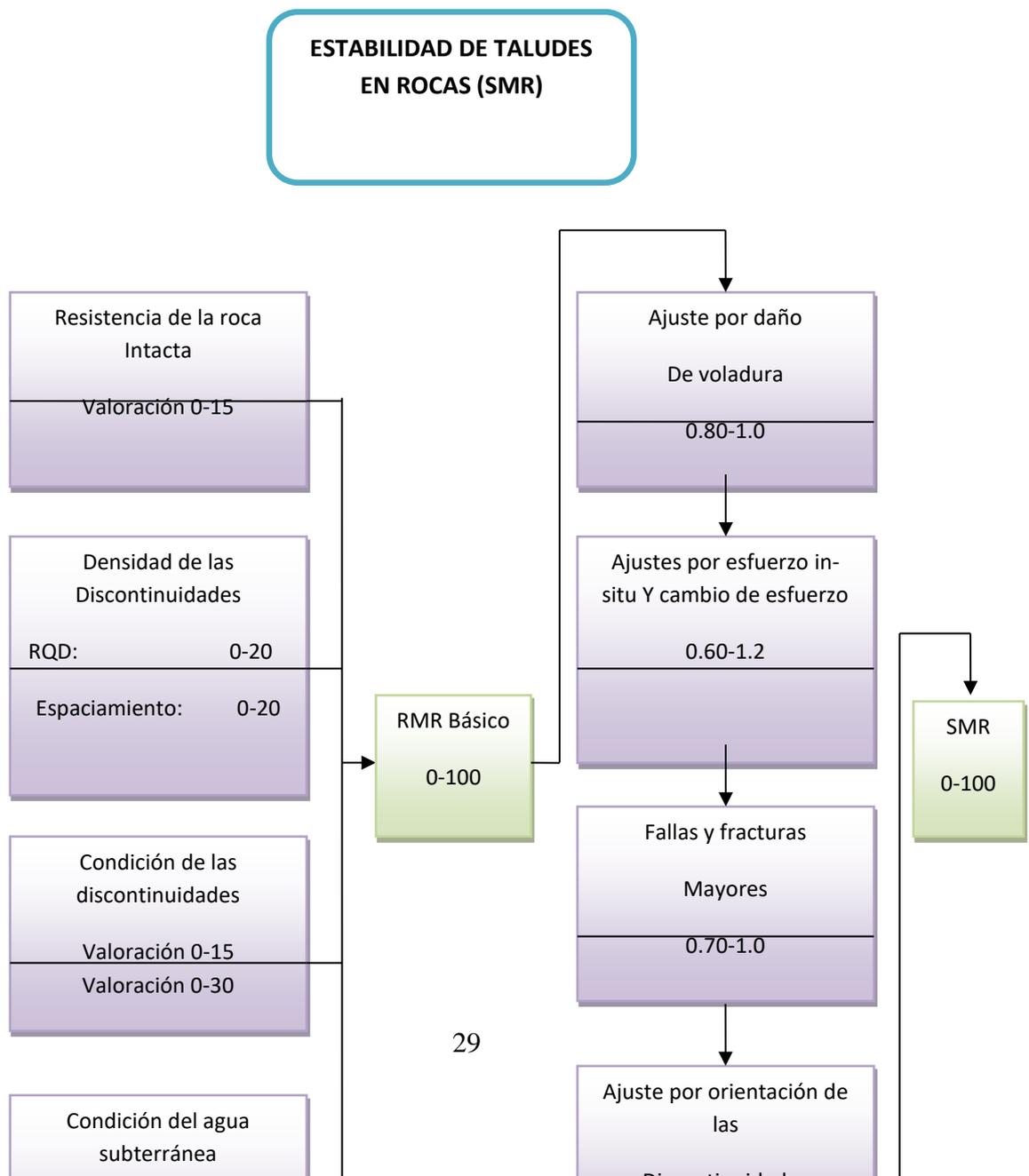
E3: Talud Crítico

Para los taludes en roca teniendo en cuenta la valoración "SMR" se tiene:

### ESTABILIDAD DE TALUDES EN SUELO (ETS)



## Esquema del sistema de Valoración en Suelos (ETS)



## Esquema del sistema de Valoración en Roca (RMR-SMR)

**Cuadro N° 1**

Para taludes en suelo considerando la valoración “ETS”, se tiene:

GRADO DE ESTABILIDAD	E3	E2	E1		E0
CLASE	V	IV	III	II	I
VALORACIÓN SMR	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
DESCRIPCIÓN SMR	Muy mala	Mala	Regular	Buena	Muy buena
DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE ESTABILIDAD	Crítico	Inestable	Normalmente Estable		Totalmente Estable

**Cuadro N° 2**

Los rangos de estabilidad consideran los siguientes criterios:

GRADO DE ESTABILIDAD	E3	E2	E1	E0
VALORACIÓN ETS	>30.0	15.0-30.0	7.50-15.0	0-7.50
DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE ESTABILIDAD	Crítico	Inestable	Normalmente Estable	Totalmente Estable

### **TOTALMENTE ESTABLE (EO)**

Este grupo está conformado por todos aquellos taludes que no presentan ningún tipo de peligro para la carretera y / o viviendas ubicadas en el borde superior o inferior del talud o ladera, es decir, se espera que de ocurrir caídas de bloques pequeños, gravas y / o material fino, no van a afectar más allá de cubrir la berma de la carretera, pero en ningún caso causarían daños humanos ni materiales y permitiría siempre el normal flujo del tránsito vehicular.

Por lo general para los taludes con este nivel de estabilidad no será necesario ninguna medida correctiva.

### **NORMALMENTE ESTABLE (E1)**

Están comprendidos bajo esta denominación todos los taludes que representan un peligro moderado para la carretera o las viviendas que se encuentren al borde superior o al pie del talud, es decir que de ocurrir pequeños derrumbes y /o desprendimientos, éstos no comprometerían más de una vía o la berma lateral, no obstruyendo el tránsito vehicular. En estos taludes, no se espera falla. En forma general son Estables salvo algunas caídas ocasionales de bloques.

Para este grupo normalmente la solución está asociada con los desquiches de los bloques o gravas sueltas y algún muro de contención frente a un proceso geodinámico.

### **INESTABLE (E2)**

Está conformado por todos aquellos taludes que presentan peligro para la carretera, es decir que de ocurrir un derrumbe o desprendimiento

importante no solo obstaculizaría el tránsito vehicular sino que puede dañar las estructuras o viviendas que se encuentran al pie o al borde superior del talud, con la consiguiente pérdida de vidas humanas.

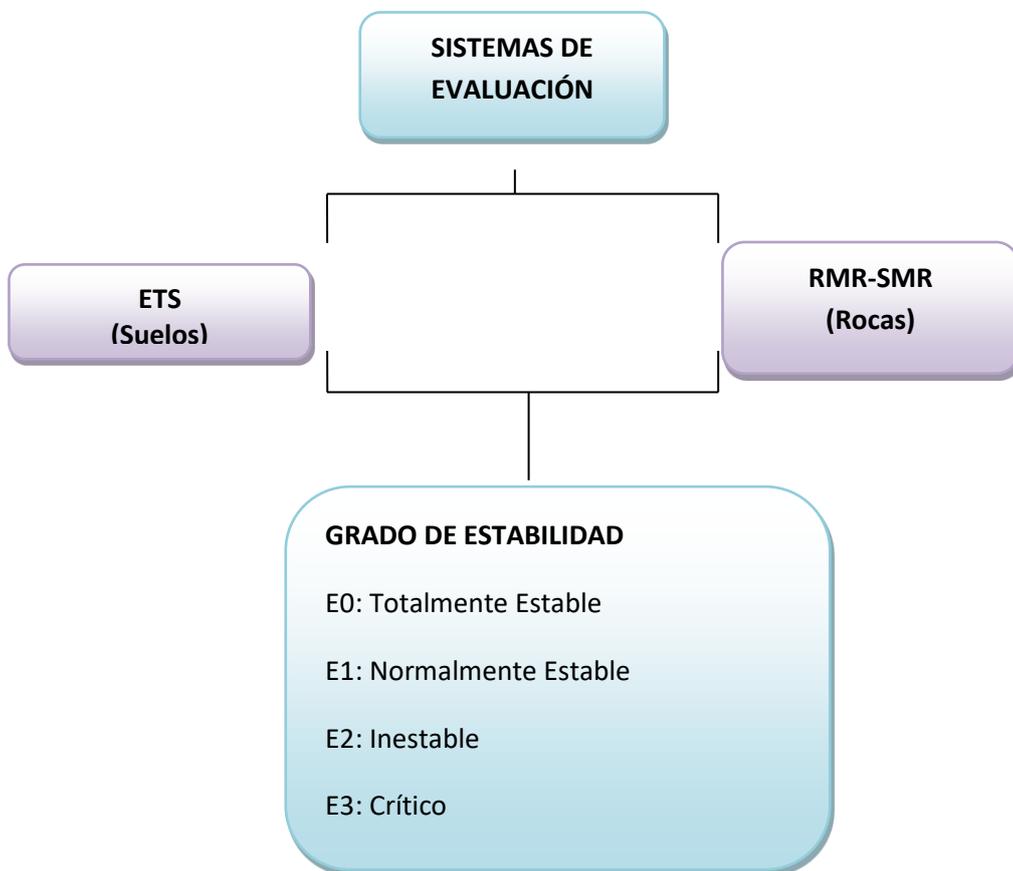
La solución a estos taludes, estará asociada a muros, drenes, enmallados, vallas de retención y cortes del talud o conformación de banquetas.

### **CRÍTICO (E3)**

En esta calificación se agruparán a todos aquellos taludes que están en un estado muy crítico, con evidencia de movimiento, que representan un serio problema para la carretera o viviendas aledañas, es decir que de ocurrir un derrumbe, desprendimiento y/o caída de bloques y gravas dañarían la carpeta asfáltica, así como las viviendas que se encuentran al borde superior e inferior del talud con las respectivas pérdidas de vidas humanas.

Las soluciones en estos taludes, estarán asociadas a una investigación geotécnica más detallada, cambio de trazo y/ o la combinación de varias soluciones geotécnicas.

Finalmente, en un tramo de carretera con el sistema se puede tener una idea general de la estabilidad de todos los taludes; en algunos casos se puede asociar los grados de estabilidad con la nomenclatura como se ilustra en la figura siguiente:



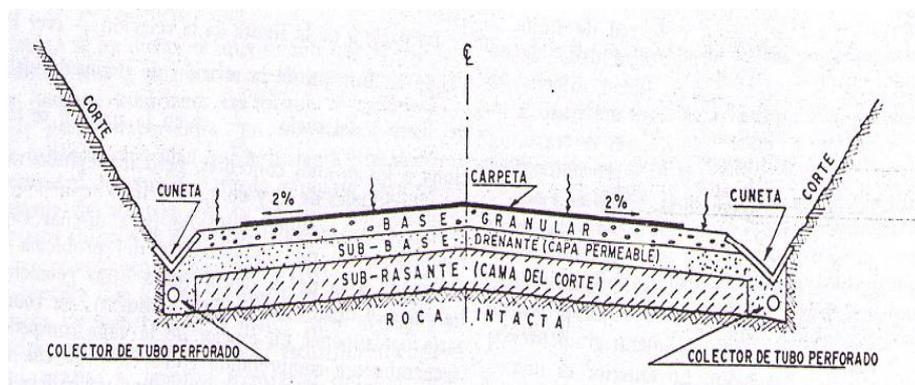
## **METODOS DE DRENAJE**

Se exponen a continuación los principales métodos que se utilizan en el drenaje conectado con la construcción de carreteras.

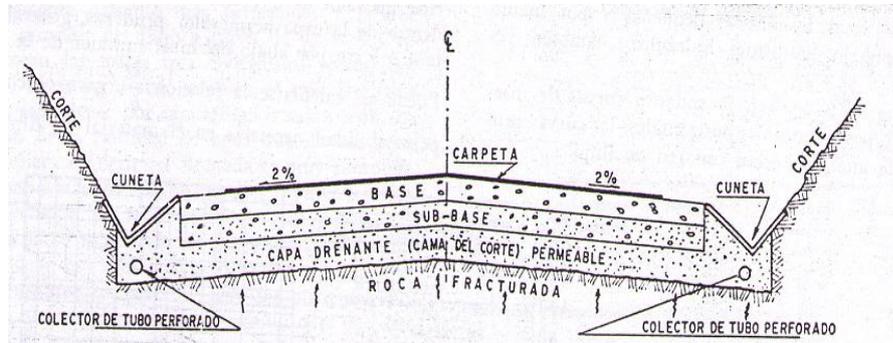
## A. CAPAS PERMEABLES EN PAVIMENTOS

Es frecuente que en las camadas de los cortes de las carreteras aparezcan grandes cantidades de agua; en estos casos puede ser útil la colaboración de capas permeables bajo el pavimento para su protección. Estas son capas de espesor razonable que se colocan debajo de la corona del camino o de la superficie pavimentada y están constituidas por material de filtro, de manera que con ayuda de una pendiente transversal adecuada y de unas correctas instalaciones de salida puedan drenar el agua que se infiltre desde el pavimento, que provenga de los acotamientos de la vía o que ascienda por subpresión, procedente de niveles inferiores.

Muchas veces estas capas drenantes se integran al pavimento, aprovechando que la naturaleza granular de los materiales de filtro los hace muy apropiados para tal función, estructuralmente hablando. Otra función importante de las capas de filtro pudiera servir de transición entre los materiales finos de terracería y alguna capa de material triturado grueso que haya de colocarse encima, para impedir la incrustación de los fragmentos gruesos en la matriz fina.



- a. **Sub-base utilizada como capa permeable, para interceptar agua proveniente del pavimento.**



- b. **Sub-rasante utilizada como capa permeable, para interceptar flujo ascendente por sub-presión**

#### **Figura Capas permeables**

La Fig anterior muestra en forma esquemática la utilización de capas permeables para control de infiltración proveniente de la parte superior del pavimento y de ascensión de agua proveniente de capas inferiores, en las que se supone existe una subpresión.

En la parte a de la figura (flujo descendente) como capa drenante se ha utilizado los subbase, formada por los materiales adecuados. Puesto que se acepta que no habrá flujo ascendente está justificado formar la cama del corte con una subrasante que no tenga calidad especial.

En la parte b de la figura se considera un flujo que asciende por subpresión en una roca fracturada. Ahora la capa drenante se ha identificado con la subrasante que forma la cama del corte. La práctica relativamente frecuente de convertir en este caso en drenante

también a la subbase, colocándola sobre una subrasante convencional (cama del corte), debe verse como inconveniente, pues todo suelo colocado bajo la capa drenante tenderá a saturarse, perdiendo resistencia y ganando capacidad de deformación, por lo que el conjunto del pavimento y capa drenante podrá tener un mal comportamiento a despecho de su calidad, al quedar *flotando* sobre una capa saturada.

A veces una capa permeable de material grueso se coloca en la parte inferior de un pavimento o aun en el cuerpo o la parte interior del terraplén, con la finalidad de interrumpir un proceso de ascensión capilar que, de otra manera, terminaría por perjudicar la capa subrasante, la subbase y aún, quizá, la base de dicho pavimento. Estas son las capas rompedoras de capilaridad, cuya función es impedir el acceso del agua, pero no drenarla; no son propiamente capas drenantes. Se trata de poner al material fino del terraplén en contacto con el aire en los huecos grandes entre las partículas gruesas, para dar ocasión a la formación de los meniscos necesarios para que el agua no continúe su ascenso, quedando libres de ella capas de suelos colocadas por encima.

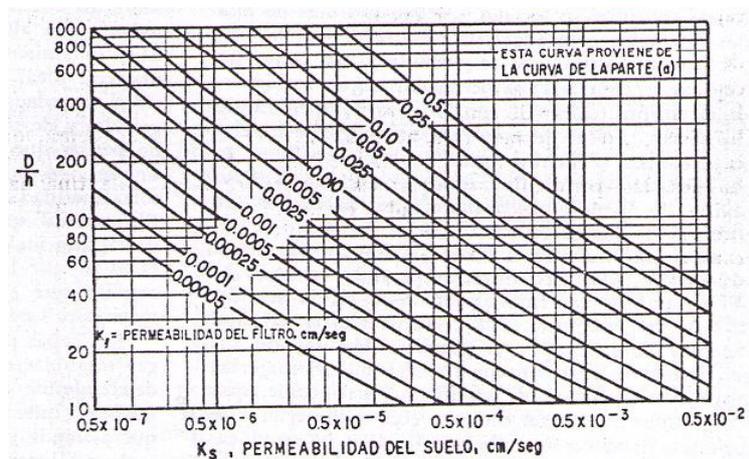
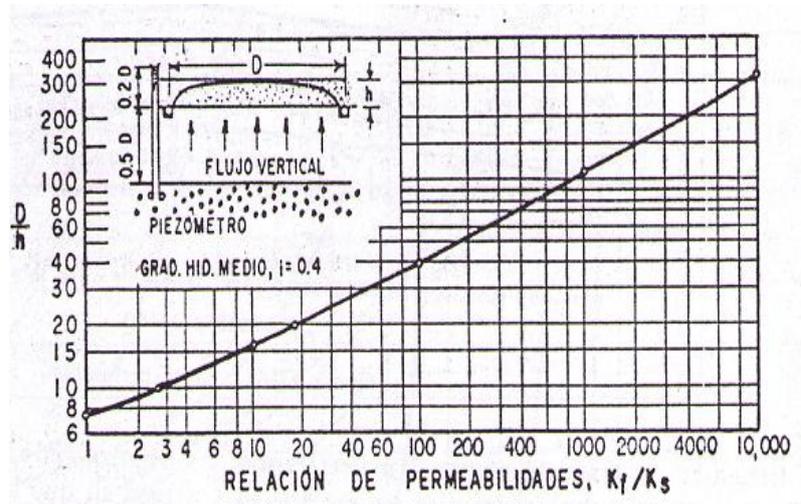
Existen una diferencia importante entre cómo ha de ser proyectada la capa permeable según sea interceptora y eliminadora de un flujo o rompedora de la ascensión capilar de agua que provenga de niveles inferiores. En el primer caso, deberá disponerse la capa contando con un flujo de agua a su través. Esto implica las pendientes transversales

necesarias, la existencia de los colectores de tubo perforado y, sobre todo, implica que el material constitutivo de la capa sea un auténtico filtro, respetando en todo lo que sea posible las normas señaladas. Por el contrario, si la capa se coloca para romper el potencial capilar de un agua ascendente, lo conveniente será que el material constitutivo sea granular grueso muy permeable, que deje grandes huecos en contacto con el material que tenga potencial capilar; de esta manera, el agua capilar no podrá ascender a través de la capa rompedora y quedará confinada en las capas inferiores, desarrollando para ello los meniscos necesarios en la zona en que los canales capilares queden en contacto con aire; para esta condición no sería conveniente, en principio, que el material de la capa rompedora fuera un auténtico filtro, pues estos materiales tienen todavía una altura capilar que puede ser apreciable.

El razonamiento anterior llevaría a pensar que el material ideal para una capa rompedora de capilaridad sea la piedra en fragmentos, relativamente grandes y de tamaño uniforme, pero resulta arriesgado pensar que cualquier material que se coloque en una sección estructural de una vía terrestre tenga una sola finalidad y funcione con un único mecanismo.

El material que se acaba de mencionar trabajaría demasiado mal ante un posible flujo, por lo que no es usual que los ingenieros se inclinen a su uso, de manera que en las capas rompedoras suelen verse materiales bastante mejor graduados.

Las capas permeables en que se piensa en este lugar serán las destinadas a captar flujo de agua que desciende de la superficie del pavimento y acotamientos, que proviene de los laos de los cortes o que ascienda por subpresión. Algunos de sus aspectos serán análogos a los de una caja rompedora de capilaridad en que el agua sigue otras leyes.



## b. Gráficos de diseño de capas permeables horizontales

En los gráficos de diseño de capas permeables, muestra curvas de diseño para capas permeables horizontales; las curvas provienen de análisis hechos con red de flujo.

La parte **a** de la figura da la relación  $\frac{D}{h}$  en función de la relación de permeabilidades del filtro y del suelo  $\frac{K_f}{K_s}$  y en la parte **b** se relaciona a los mismos conceptos, pero manejando valores individuales de  $K_f$  y de  $K_s$ .

Las curvas pueden utilizarse para diseñar capas rompedoras en que la geometría del problema corresponda a la de la figura (para otras geometrías habría desarrollar gráficas análogas). Se comenzaría por suponer un espesor de la capa rompedora (generalmente comprendido entre 20 y 40 cm, con 30 cm como valor muy típico); después habría que suponer o calcular la permeabilidad del suelo bajo la capa rompedora, a través del que sube el agua por subpresión, en este caso. A continuación habrá que fijar un valor de  $h$  (valor de la altura de saturación dentro de la capa permeable) prudente, generalmente 4 ó 5 cm por abajo del nivel superior de la capa.

Puede así calcularse la relación  $\frac{D}{h}$ , para obtener la permeabilidad necesaria en el material del filtro.

La tabla siguiente muestra infiltraciones a través de una carpeta que pueden removerse de un pavimento, según en éste se coloque o no una capa permeable eficiente bajo la subbase convencional del mismo. La infiltración se da en cm de precipitación por hora.

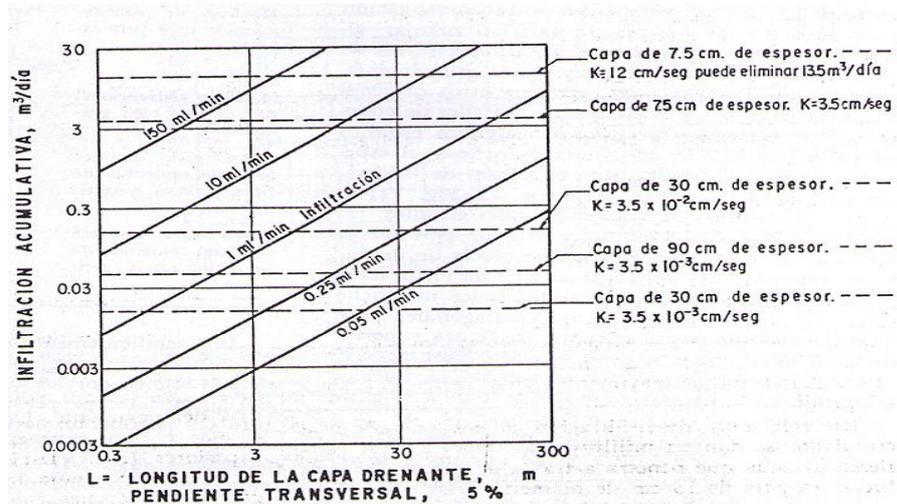
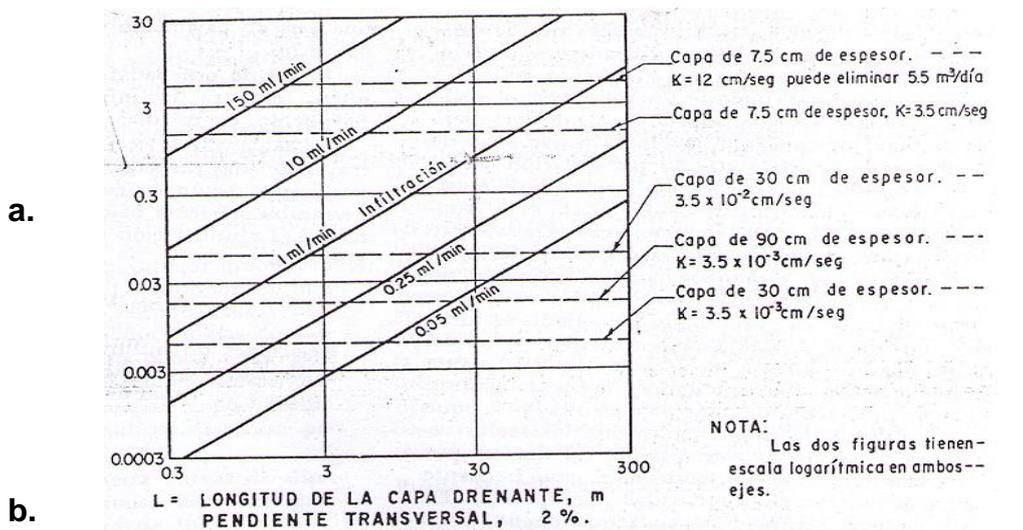
**TABLA Relaciones de infiltración teóricas (según redes de flujo) que pueden ser drenadas de las capas de un pavimento**

Material de subbase sobre la capa permeable.	Permeabilidad $\frac{\text{cm}}{\text{seg}}$	Relación de infiltración teórica que puede ser drenada $\frac{\text{cm}}{\text{h}}$	
		Sin capa permeable $\frac{\text{cm}}{\text{h}}$	Con capa permeable $\frac{\text{cm}}{\text{h}}$
Material convencional de subbase, bien graduado.	$3 \times 10^{-4}$	0.0015	1.25
Arena para concreto con alto contenido de finos limosos y arcillosos.	$6 \times 10^{-4}$	0.0030	2.5
Arena para concreto con bajo contenido de finos limosos y arcillosos.	$6 \times 10^{-3}$	0.030	25.0

Independientemente de que la tabla se refiere a una disposición que, aunque frecuente, no es considerada idónea, que prefiere que la capa permeable se integre a la estructura del pavimento, haciéndola fungir como subbase cuando el agua proviene de infiltración de las capas superiores, la tabla anterior proporciona una excelente norma de criterio y resalta el gran poder drenante que se adquiere con el uso de capas permeables horizontales; de hecho una instalación tal puede multiplicar en cientos y miles de veces la capacidad drenante en el interior de un camino o aeropista. Naturalmente, ya se dijo que estas capas permeables que estarán sujetas a flujo de agua deben ser diseñadas con los requisitos de filtro que han quedado reseñados.

Un complemento importante de una capa filtrante es la instalación a ambos lados de un sistema recolector y eliminador del agua.

Un aspecto importante en el diseño de capas permeables es su costo, que suele ser alto. A este respecto es deseable cualquier reducción en el espesor de la capa que pueda lograrse sin disminuir en exceso la capacidad drenante. Sin embargo, capas demasiado delgadas se complican constructivamente hasta el grado de perder su ventaja económica. Quizá no deben emplearse capas de espesor inferior a 15 cm y 20 y 30 cm son las dimensiones más comunes; espesores mayores probablemente repercuten ya mucho en el costo, sobre todo en carretera.



## **CAPACIDAD DE DESCARGA DE CAPAS DRENANTES**

### **B. DRENES LONGITUDINALES DE ZANJA.**

En laderas inclinadas o en terrenos ondulados y montañosos es común que el agua subterránea fluya según la inclinación de la superficie, guardando el nivel freático una configuración similar a la del terreno, si bien usualmente menos accidentada. Cuando en tales casos se realiza una excavación profunda, como es el caso de los cortes, se producirá un flujo hacia la excavación profunda para una carretera, como es el caso de los cortes, se producirá un flujo hacia la excavación que tendrá a saturar los taludes y la cama del corte.

Este flujo puede ser interceptado por un dren longitudinal de zanja, tal como se hace ver en la misma en la que se esquematizan las direcciones del flujo antes y después de colocar tal instalación. El efecto del subdrén de zanja es en este caso interceptar y eliminar el flujo hacia la cama del corte y, en menor escala, disminuir la zona eventualmente saturada en el talud. La mayor parte de los drenes longitudinales se zanja que se colocan en carreteras tienen una finalidad, por lo que resultan ser en ese caso estructuras cuya principal función es la protección de pavimentos, interceptando un flujo de agua.

El subdrén consiste en una zanja de profundidad adecuada (como mínimo quizá de 1 a 1.5 m, habiéndose llegado a construirlas hasta de 4.0 cm), provista de un tubo perforado en su fondo y rellena de material filtrante; el agua colectada por el tubo se desaloja por gravedad a algún bajo o cañada en que su descarga sea inofensiva. El material de filtro y las perforaciones del tubo deberán seguir las normas.

El dren se colocan en un lado o los dos de una carretera o, inclusive, en que hayan de disponerse tres o más zanjas, es común combinar la acción de estos drenes longitudinales con interceptores transversales. Las zanjas han de ser profundas y próximas si existe subpresión de agua bajo la sección de la vía terrestre. El relleno permeable deberá colocarse compactándolo convenientemente.

Cuando el terreno en que se construyan sea blando y húmedo, deberá cuidarse dar un espesor suficiente de material de filtro en el fondo de la zanja como para garantizar una plantilla estable, que permita dar al tubo pendientes permanentes y para protegerlo; es frecuente construir, en este caso, la plantilla con un concreto pobre.

Los drenes de zanja rinden sus mejores resultados cuando se trata de interceptar flujos que vienen por los taludes de un corte.

### **C. SUBDRENES INTERCEPTORES TRANSVERSALES**

Son dispositivos de drenaje análogos en principio a los subdrenes de zanja y lo único que los distingue es la dirección en que se desarrollan, que ahora es normal al eje de la vía terrestre. El caso típico de la

instalación de estos subdrenes en carreteras en la que se muestra una transición de una sección en corte a una sección en terraplén. De no colocar el subdrén transversal interceptor podría suceder que el flujo del agua proveniente del corte entrase en el terraplén, provocando en éste asentamientos o deslizamientos.

En efecto del dren interceptor puede incrementarse mucho en casos si en una cierta longitud se coloca una capa permeable drenante a ambos lados del mismo. Los drenes interceptores transversales deben de ser capaces de eliminar muy rápidamente las aguas que les lleguen por lo que en ellos son particularmente críticos los requerimientos de permeabilidad.

#### **D. DRENES DE PENETRACIÓN TRANSVERSAL**

Ya se han discutido con cierto detalle los mecanismos por los que el agua que satura las masas que quedan a los lados de un corte que se practique durante la construcción de una vía terrestre pueden influir desfavorablemente en la estabilidad de sus taludes; los mismos mecanismos comprometen el equilibrio de una ladera natural a través de la que se establezca un flujo. También se ha indicado cómo la mayor parte de las fallas que pueden achacarse a estos efectos ocurren algún tiempo después de los períodos de precipitación pluvial intensa, indicio de que ése ha sido el tiempo requerido para constituirse los flujos internos que producen acumulaciones de agua en taludes y laderas. No debe imaginarse, por cierto, que se presencia de agua en los taludes de cortes sea un fenómeno raro o dependiente del azar; por el contrario,

es algo que debe esperarse sistemáticamente en todos los terrenos en que el nivel freático no sea bastante más profundo que la rasante de la vía o en la que la precipitación no sea anormalmente escasa. La razón es que al practicar un corte se abate el nivel del agua interior hasta su cama, produciendo una zona profunda a la presión atmosférica, hacia la que deberá fluir el agua de las masas vecinas. En general un corte actúa como un dren en el terreno en que se construye.

Un corte puede ser estable bajo una determinada condición de agua subterránea y bajo ciertas cargas hidráulicas, pero si una cantidad adicional de agua fluye hacia él se podrá alcanzar una condición tal en el agua en cuanto a las cargas hidráulicas, que se desarrollen en el interior del suelo presiones neutras que produzcan la falla. Por esta razón, un corte construido desde hace muchos años puede fallar repentinamente tras un período de precipitación extraordinaria.

Los drenes de penetración transversal denominados también drenes horizontales son instalaciones de subdrenaje que responden específicamente a la necesidad de abatir del interior de los taludes del corte las presiones generadas por el agua, que sean susceptibles de provocar la falla del corte.

Hay siempre tendencia a que el proceso de perforación cambie substancialmente la pendiente adoptada, generalmente disminuyendo por efecto de la gravedad. Naturalmente esto depende mucho de la naturaleza y uniformidad de los suelos perforados y existe la tendencia a que la herramienta de ataque se vaya por las trayectorias de menor

resistencia, como fisuras, grietas, estratos blandos, etc. La presencia de cavidades suele ser el problema más grave que se presenta en la perforación de drenes transversales. La descarga puede ser libre a la cuneta o, en instalaciones importantes, a tubos colectores de unos 20cm de diámetro, que encaminan las aguas a donde sean inofensivas. La parte del tubo perforado del subdrén que queda próxima a la salida debe dejarse sin perforar en uno o dos metros, para evitar la invasión de vegetación a través de las perforaciones y la obstrucción del tubo. La longitud de los drenes de penetración transversal depende mucho de la geometría de la zona en que se instalan, tal como se discutiría brevemente más adelante, pero resulta fácil hacerlos de 50 o 70 m y, muchas veces, sean hecho de más de 100m. Naturalmente que la naturaleza del terreno en que se instalan tiene mucho que ver con este aspecto.

Por ello su campo natural de aplicación son los taludes de los cortes y las laderas naturales, especialmente cuando sirven de apoyo a una terraplén. Se requiere un gran número de drenes para lograr buena eficiencia y en terrenos impermeables o en masas de roca agrietada, sin fácil comunicación interna, su zona de influencia puede ser relativamente pequeña, de manera que se requiere espaciamientos cortos; es frecuente verlos hasta cinco metros uno del otro y en dos o más hileras separadas por un espaciamiento vertical similar; diez metros es un espaciamiento muy común..

Deben instalarse solamente después de realizar las investigaciones necesarias para garantizar su efectividad y la economía del método. Esta investigación puede consistir en sondeos, inspección visual de la zona, estudios geológicos o análisis de la estabilidad de un talud antes o después de una falla o en una combinación de los estudios anteriores. Se trata de definir la secuencia geológica de los materiales, la existencia y nivel de agua y de determinar, siquiera sea cualitativamente, la mala influencia de esta. Muchas veces los primeros drenes instalados son verdaderos tanteos exploratorios, sobre todo en zonas en donde no existen sondeos previos. La efectividad queda condicionada a que el agua sea causa principal de problemas de estabilidad y a que se localice de tal manera que que el nivel freático o la línea de corriente superior del flujo puedan ser interceptados por los drenes. No deben instalarse ciertamente, simplemente porque exista una condición peligrosa en cuanto a estabilidad, inclusive si se ve que el agua subterránea juega un cierto papel.

Los drenes de penetración transversal deben instalarse se manera que puedan ser objeto de un mantenimiento durante la conservación normal de la vía terrestre. Este mantenimiento consiste en su limpieza interior, incluyendo el destapar sus perforaciones. Para ello existe la maquinaria apropiada, generalmente a base de cepillos con cerda metálica, integrados a maquinas de acción mecánica. Esta necesidad obliga muchas veces a la construcción de túneles o grandes tubos que proporcionen acceso a la boca de loa drenes.

La efectividad de un conjunto de drenes de penetración transversal puede medirse registrando las variaciones de elevación del espejo del agua en pozos de observación estratégicamente dispuestos en la zona drenada.

Las dos formaciones en donde es probablemente más difícil instalar drenes transversales son las arenas finas limosas y los suelos que contienen grandes boleos y fragmentos de roca; la primera por su tendencia a derrumbarse y formar cavidades durante la perforación y la segunda por las dificultades provenientes de la dureza y la heterogeneidad, que restan eficiencia a la operación y elevan los costos.

### **2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

**ACARREO** Es el transporte de materiales no clasificados, provenientes del corte y de préstamo, así como el transporte del material de desperdicio a cualquier distancia que exceda de 1 km menos la distancia de acarreo libre, en este caso, no se considera sobre-acarreo.

**ALCANTARILLAS DE METAL CORRUGADO** Son conductos que se construyen debajo de la subrasante de una carretera u obras viales con el objeto de evacuar las aguas superficiales. Área de influencia Es el área donde se presentarán y/o tendrán influencia los impactos adversos o benéficos de un proyecto.

**CORTE** Es la excavación que se realiza en el terreno de conformidad al trazo de la carretera o camino; los cortes pueden efectuarse a media ladera.

**CUNETA ZANJA LATERAL** generalmente paralela al eje de la carretera o del camino.

**EXCAVACIÓN** Es la operación de extraer y remover cualquier clase de material dentro de los límites de construcción para incorporarlo al camino.

**GRADO DE CURVATURA MÁXIMO** De acuerdo con el tipo de carretera se fija un grado máximo de curva por usarse, que llene las condiciones de seguridad para el tránsito a la velocidad de diseño.

**PENDIENTE MÁXIMA** Es la mayor pendiente que se permite utilizar en un proyecto y dependerá de la topografía del terreno.

**PENDIENTE MÍNIMA** Es la pendiente que se utiliza para permitir la funcionalidad del drenaje.

**RASANTE** El trazo vertical que determina el nivel superior, sobre la línea central, que se proyecta construir a lo largo de la carretera.

**SECCIÓN TÍPICA** Es la representación gráfica transversal y acotada, que muestra las partes componentes de una carretera.

**TALUDES** Son los planos inclinados de la terracería, que delimitan los volúmenes de corte o terraplén; y están contenidos entre la cuneta y el terreno natural.

## **2.4 SISTEMA DE HIPOTESIS**

### **2.4.1 HIPOTESIS GENERAL**

Las características geotécnicas de los suelos y rocas influyen en el mejoramiento la Carretera Palca - Tapo - Ricran - Yauli – Jauja, Región Junin.

#### **2.4.2 HIPOTESIS ESPECIFICAS**

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

#### **2.5 SISTEMA DE VARIABLES**

Se estudian cada una de las variables, las que se correlacionarán y compararán. Se identificaron las siguientes variables:

##### **2.5.1 VARIABLES INDEPENDIENTES:**

Las características geotécnicas de los suelos y rocas

##### **2.5.2 VARIABLES DEPENDIENTES:**

Mejoramiento de la Carretera Palca - Tapo - Ricran - Yauli – Jauja, Región Junin.

##### **2.5.3. VARIABLES INTERVINIENTES:**

Clima

Peso específico de la roca y suelo.

Política de desarrollo local y regional.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA DEL ESTUDIO**

#### **3.1. DISEÑO DE INVESTIGACION**

Como este trabajo de tesis comprende aspectos de interpretación geológica su desarrollo es descriptivo, analítico, evaluativo y explicativo; se establecerá el grado de relación directa entre sus variables y sus resultados. Se analizarán los resultados para poder evaluarlos y explicarlos.

#### **3.2. TIPO DE INVESTIGACION**

Descriptivo, Analítico, Evaluativo y Explicativo.

### **3.3. POBLACION Y MUESTRA**

La población en el estudio son los macizos rocosos y las estructuras mineralizadas del distrito minero y las muestras son tomadas en forma sistemática.

### **3.4. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

Este trabajo de tesis está en la toma de datos de campo, de forma objetiva y sistemática, se investigarán “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 tres etapas de trabajo:

#### **a) FASE PRELIMINAR DE GABINETE**

En esta primera etapa se recopiló la información geológica y otras afines que existen sobre el área y que sirvieron para elaborar el presente estudio. Asimismo, la elaboración de Planos base topográfico y geológico-geotécnico.

#### **b) FASE DE CAMPO**

Durante esta etapa se recorrió la zona, se verificó las características litológicas más representativas, se evaluó las características geotécnicas.

#### **c) FASE FINAL DE GABINETE**

En esta etapa realizó el análisis de datos obtenidos en campo, ensayos de laboratorio de las muestras extraídas y realizó el informe.

### **3.5. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS**

Se revisaron los informes geológicos y técnicos de la zona de estudio, así también se tomarán datos de campo sobre los trabajos 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.

### **3.6. TECNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS**

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

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

#### **4.1 TRATAMIENTO ESTADISTICO E INTERPRETACION DE CUADROS**

##### **4.1.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD**

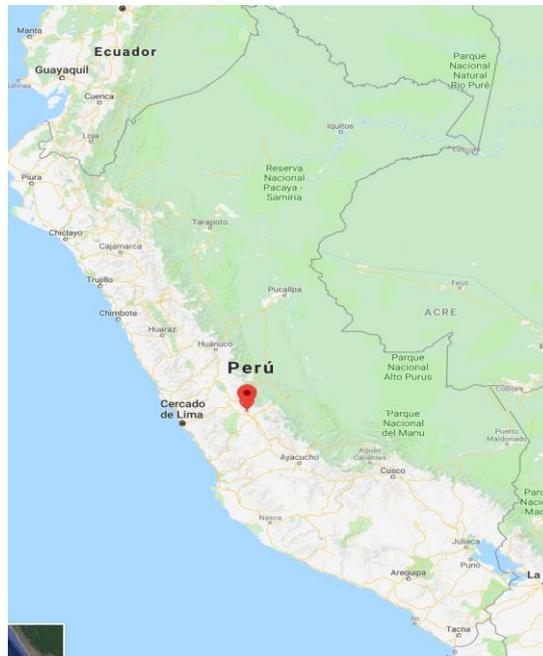
El área en estudio se ubica en la región de Junín, provincias de Jauja, La Oroya y Tarma, en los distritos de Jauja, Yauli, Ricrán y Tapo. Comprendido entre las coordenadas

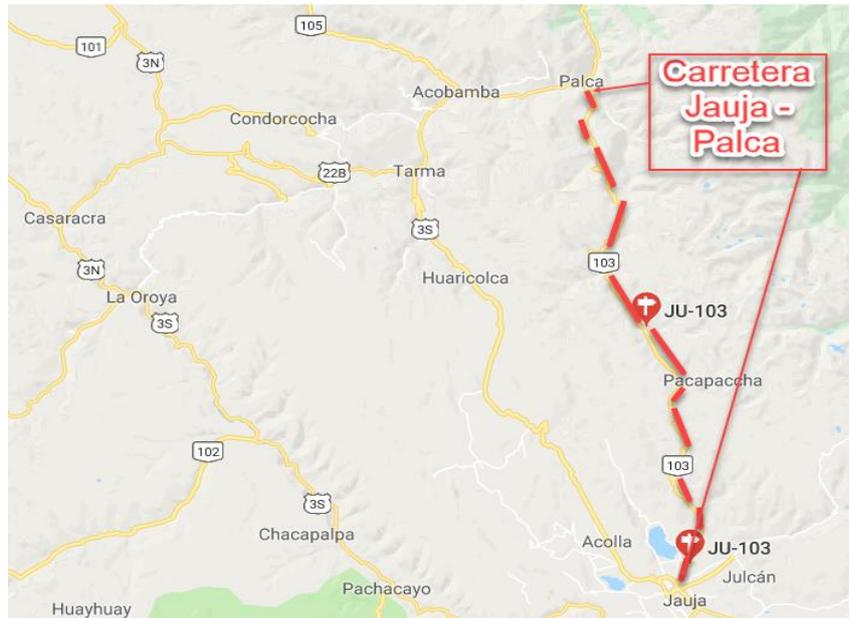
8699060 0446265

8745847 0438489

El acceso principal, desde la ciudad de Lima, lo constituye la Carretera Central (Lima – La Oroya – Jauja) de aproximadamente 245 km., vía que se encuentra totalmente asfaltada y en buen estado. El tramo se recorre en un tiempo aproximado de 7 horas.

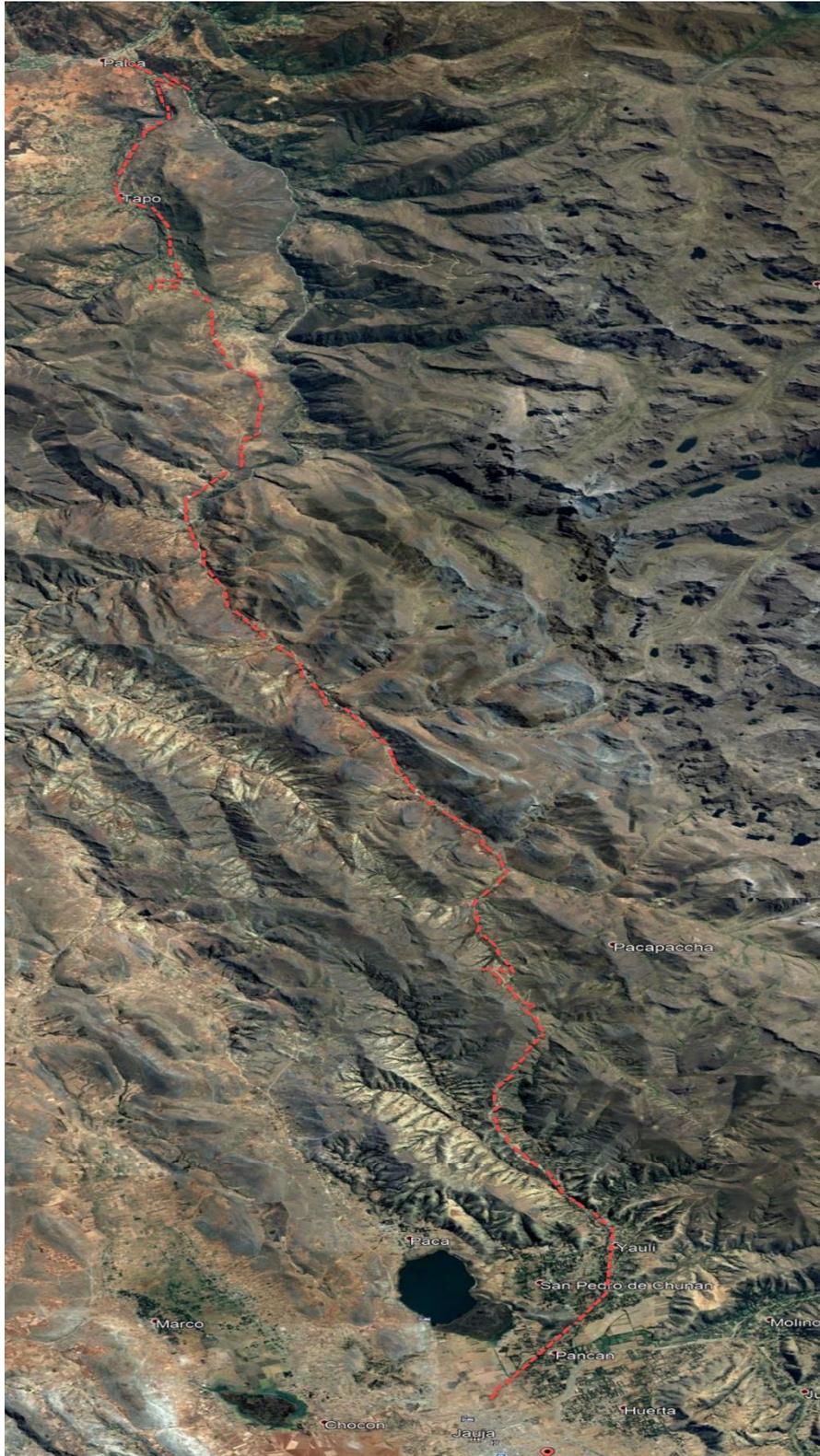
El estudio que nos ocupa tiene su punto inicial en la periferia de la ciudad de Jauja, concretamente la intersección con la Av. Moto Vivanco , luego cruza el distrito de Ricran, para posteriormente recorrer el distrito de Tapo y finalmente con la intersección con la carretera Central Tarma -La Merced.





Mapa

Ubicación de la Zona Estudio (Fuente Google Earth)



*Imagen 1: Vista Satélite de la Zona de Estudio.*

## **4.2 PRESENTACION DE RESULTADOS, TABLAS, GRAFICOS, FIGURAS**

### **4.2.1. CLIMA**

La zona del proyecto se ubica en las estribaciones del flanco occidental del sector Oriental de la Cordillera de los Andes Peruanos. La vía se desarrolla a partir de Jauja con 3272 msnm, luego asciende hasta los 4172 msnm para luego descender por la cuenca del río Ricrán muy próximo a su cauce, hasta llegar a Palca con una altitud de 2788 msnm.

La zona en estudio comprende:

- 1.- Zona Quechua de bosques seco-montañoso bajo: corresponde a la depresión de Jauja y sus laderas hasta los 3 600 m. de elevación.

El promedio anual de temperatura oscila entre 10° y 13°C, siendo los meses de Junio y Julio los más fríos. Las precipitaciones son de 1 400 a 1 700 mm. al año.

- 2.- Zona Suni o Jalca, páramo húmedo subandino: con pendientes reactivadas entre los 3600 y los 4 100 m. de altitud. Las temperaturas varían de 3° a 6° C y las precipitaciones entre 500 y 1 000 mm. con evaporación baja. El flanco oriental de la Cordillera Oriental a la misma altura es húmedo.

- 3.- Zona de ceja de selva o yungas: comprende la zona oriental entre 2 000 y 3 600 msnm. Las precipitaciones oscilan entre 1 000 y 4 000 mm. anuales y las temperaturas entre 6° a 18° C.

#### **4.2.2. GEOLOGÍA REGIONAL**

La geología regional comprende rocas sedimentarias y metamórficas, cuyas edades varían desde el Paleozoico inferior hasta el cuaternario. Hacia el flanco occidental de la cordillera Oriental se hallan las rocas paleozoicas más antiguas, en el flanco oriental aflora el mesozoico marino y sedimentos continentales terciarios con pequeñas intrusiones. Las rocas sedimentarias están plegadas y falladas, teniendo las estructuras una dirección dominante NNW-SSE.

#### **4.2.3. ESTRATIGRAFÍA**

##### **FORMACION CONCEPCION (Dim-c) DEVONICO MEDIO INFERIOR**

Está compuesta de una interestratificación gradacional de lutitas con areniscas, con niveles en estratificación de conglomerados cuarcíticos, calcáreos y calcoarenitas en el tope. Los estratos de las areniscas son delgadas oscilando entre 10 -50 cm, presenta estructuras sedimentarias de rizaduras de corriente que nos indica que la dirección de la corriente fue del Este.

En algunas zonas esporádicas se han encontrado diques de basaltos pequeños del orden de decímetros que cortan la secuencia.

El espesor de la secuencia varía de 1600 a 2000 metros.

Edad

Por los fósiles encontrados se le asigna la edad del devónico inferior y medio.

#### Correlación

Se puede establecer una correlación entre los flysch devónicos de la región central de los Andes descrita por HARRISON 1943-1951, MEGARD 1968, con los del Sur del Perú, Gpo. Cabanillas, NEWELL 1949 y los de la Costa (Formación Majes, PAREDES 1964). con las formaciones Torán y Cocachacra del sur del Perú. En todas estas unidades, se observa una litología equivalente a la de Concepción.



Lutitas y areniscas de la Formación Concepción (Fuente propia)

#### **GRUPO TARMA (Cs-ta) Carbonífero superior (Pensilvaniano)**

Las rocas del Pensilvaniano en la región estudiada, son de origen marino, suprayacen en discordancia angular con la Formación Concepción del Paleozoico inferior.

Los afloramientos están conformados de un conglomerado basal, seguido de una serie interestratificada de areniscas a veces microconglomerádicas, lutitas y limolitas negras con intercalaciones calcáreas.

Tienen fósiles de braquiópodos, briozoarios y crinoideos.

Pertencen a una facie occidental con predominancia de areniscas y conglomerados, idénticos a los descritos en Tarma por NEWELL, et. al. (1949)

Edad

Los afloramientos pensilvanianos del cuadrángulo de Jauja, son la prolongación del cuadrángulo de Tarma, donde la edad de la serie fue establecida por DUNBAR y NEWELL (1946). gracias a la presencia de fusulinas del Pensilvaniano medio (*Fusulina peruana*, MAYER del Piso Atokano), equivalente al Moscoviano de Europa.

Correlación

Son iguales en edad a las series que afloran en la Costa Pacífica, al NO (Formación Amotape) y en el Sur del Perú (serie carbonífera de Camaná) cf. NEWELL et. al. 1949, y PAREDES 1964, 1967 y en los flancos subandinos de la Sierra de Vilcabamba, Pongo de Mainique y Cosñipata.

### **GRUPO MITU Ps-m (Pérmico Superior – Triásico Inferior)**

Los afloramientos están constituidos por coladas de riolitas cenizas detrítico-volcánicas, intercaladas con brechas y microbrechas de

explosión. Los paquetes inferiores esta compuesta de una recristalización y silicificación de un metamorfismo progresivo con fracturación de sus partículas.

Las lavas masivas del tipo dacita-riolita están muy alteradas y coloreadas en óxidos de hierro, presentando una estructura hialoporfírica fluidal conformada de feldespatos, plagioclasas en fenocristales automorfos frecuentemente fracturados, muy alterados; los ferromagnesianos se les encuentra en el estado residual, los fenocristales están embebidos en una mesostasis vítrea (fase vítrica), con estructura fluidal señalada por pequeños "hilos" equiorientados y recristalización del cuarzo; en algunos niveles además del cuarzo, existen recristalizaciones de los feldespatos y minerales verdes (cloritas).

Las brechas y microbrechas, están formadas de fragmentos milimétricos a centimétricos, volcánicas ácidas (riodacitas) de formas angulosas, cementadas en una matriz fina rica en cuarzo, recristalizada con trazas de tectonismo y metamorfismo ligero, dejando ver una fracturación de todo el conjunto y de relleno y cristalizaciones del cuarzo en las fracturas abiertas.

Los elementos volcánicos de las brechas están constituidos por plagioclasas en fenocristales automorfos, maclados, alterados, incompletos y fracturados; los ferromagnesianos se presentan en cristales automorfos al estado residual con núcleos de epidota; las formas cristalográficas conservadas así como las trazas del clivaje,

indicarían antiguos anfíboles cálcicos (presencia de epidoto como producto de alteración) del tipo hornblenda. En algunos niveles, se han identificado elementos más variados: tufos riolíticos soldados en caliente "welded tuf". Ciertos fragmentos muestran una mesostasis recristalizada en esferolitos silicosos característicos de una desvitrificación. Estos minerales están embebidos en una matriz oscura muy fina, que muestra estructura fluidal orientada con recristalización del cuarzo o sílice contenida.

El cemento de estas brechas o microbrechas es mixto y está compuesto a la vez de microfragmentos de la brecha, de minerales separados y fracturados (feldespato y cuarzo) y una mezcla microcristalina esencialmente cuarzosa con arcilla y óxidos de alteración.

#### Edad

La edad de las molasas y volcánicos no han sido precisada hasta la actualidad por argumentos radiométricos.

En la Cordillera Oriental del Perú Central y sobre sus bordes se localiza una espesa serie de molasas continentales rojas con intercalaciones volcánicas entre las series carbonatadas del Pérmico inferior (Grupo Copacabana) y las del Tríasico medio (base del Grupo Pucará); por lo tanto, este paquete molásico está localizado en edad sobre todo por su posición -estratigráfica.

Las molasas son conocidas como "Grupo Mitu", siguiendo la definición establecida por MC LAUGHLIN en Cerro de Pasco (1924) y retomado por NEWELL et. al. (1949) para todos los afloramientos molásicos del Pérmico superior del Perú.

Correlación

las molasas Mitu son correlacionables con todos los afloramientos similares- de la región central del Perú.

### **GRUPO PUCARA (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. Esteiman, J.Jarrison, F. Megard, T.S. Zekel y otros.

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

#### **- FORMACIÓN CHAMBARÁ (TRs-ch Triásico Superior)**

Está bien definido en el Perú central desde el Valle de Chinchao al NE de Huánuco 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 3000 m. Comprende calizas dolomíticas y dolomitas grises intercaladas con brechas calcáreas, margas, turbiditas y hacia el tope calizas con nódulos de chert y niveles calco-detriticos, 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.

### **DEPOSITOS 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 IGNEAS Kp-gr-hu Cretaceo-Paleogeno**

El magmatismo en la región, se manifiesta con estructuras de granitos deformados, cortados por un conjunto de granodioritas oscuras, dioritas y tonalitas muy claras, los cuarzos han sido fragmentados y recristalizados en cristales de pequeña dimensión engranados unos

con otros ; las biotitas perdieron parte de su hierro , que fue a acumularse en los clivajes, pero ninguna se alteró a clorita. Afloran al NO de la carretera.

Era	Sistema	Serie	Unidades Litoestratigráficas		Rocas Intrusivas	Descripción Litológica
<b>CENOZOICO</b>	Cuaternario	Holoceno	Depositos Fluvio-glacial			Gravas, arenas. Limos y arcillas
<b>MESOZOICO</b>	Jurásico	Inferior	Grupo Pucara	Formación Chambará		Calizas, dolomías, gris claro a oscuras.
<b>PALEOZOICO</b>	Pérmico		Grupo Mitu		Granodiorita	Granodioritas oscuras
	Carbonífero	Superior	Grupo Tarma			Conglomerados, areniscas, lutitas
	Devónico	Medio-Inferior	Fm Concepción			Lutitas areniscas

#### **COLUMNA ESTRATIGRAFICA**

#### **4.2.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

En la zona en estudio, resaltan los grandes alineamientos en dirección NW-SE, resaltando la falla longitudinal inversa que atraviesa a la carretera en la progresiva 64+400, que parece ser contemporánea con el plegamiento.

#### **PLIEGUES**

El distrito presenta pliegues paralelos con rumbo NW-SE cuyos planos axiales están inclinados al NE y SW y fueron originados por las Fases Peruana e Incaica.

Los pliegues mayormente se encuentran en la Formación Chambará y el Grupo Mitu, están afectados por las fallas sinestrales de rumbo NW - SE de la tectónica Miocena - pliocena.

Las estructuras mayores están constituidas por:

**a.- EL SINCLINAL (Yanachaga- Pacccha):** Situado al oeste, está constituido por las calizas del Grupo Chambará.

**b.- EL ANTICLINAL de Chaquicocha:** Exhibe en su núcleo calizas de la Formación Chambará en la parte norte las molasas clásticas continentales del Grupo Mitú. El anticlinal sigue el rumbo de la falla longitudinal inversa.

### **FALLAMIENTOS**

Los esfuerzos de compresión que plegaron la zona de estudio han dado lugar a la formación de fallas Longitudinales y transversales.

**a.- FALLAS LONGITUDINALES: Son herencia de la Tectónica Herciniana.**

La Falla Longitudinal 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.

Se presentan con un rumbo de NE-SW.

**b. FALLAS TRANSVERSALES**

Estas se encuentran atravesando a la secuencia Paleozoica y cretácea, con un rumbo promedio N-S y E-W, otras tienen un rumbo de NW-SE.

#### **4.2.5. GEOMORFOLOGÍA**

Geológicamente, la carretera se asienta y/o corta rocas y/o depósitos sedimentarios de variadas edades geológicas que van desde el Paleozoico hasta el Cuaternario reciente. Estos afloramientos se han podido distinguir bien en el campo, dado que cada uno de ellos posee características propias.

A lo largo del recorrido de la carretera se han identificado sectores con problemas geodinámicos del tipo: erosión ribereña, deslizamiento y derrumbes. No se ha encontrado sectores altamente críticos, los fenómenos más significativos corresponden a deslizamientos y los menos relevantes a caída de derrubios.

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: Valle interandino Jauja- Huancayo, Cordillera Oriental, Vertiente Coluvio – Deluvial. Los

procesos tectónicos y erosivos en la zona de estudio crearon las siguientes unidades geomorfológicas:

### **UNIDAD DE VALLE INTERANDINO**

Esta unidad está conformada por los flancos y el cauce del río Mantaro y sus principales quebradas tributarias, el desplazamiento de la vía es a lo largo de todo el valle, desde Jauja hasta muy cerca de Huayucachi.

Localmente, esta unidad se ubica en Jauja, a los inicios de la carretera en estudio hasta el inicio de las colinas de la cordillera oriental flanco occidental, en promedio desde los 3,270 m.s.n.m. en la Ciudad de Jauja hasta los 3600 m.s.n.m. en las laderas de la cordillera oriental flanco occidental (altura de la progresiva Km. 7+540). Esta unidad se caracteriza por presentar detritos fluvio glaciares y sedimentos de rocas metamórficas y sedimentarias.



## **UNIDAD CORDILLERA ORIENTAL**

Para realizar una descripción detallada lo dividiremos en dos tipos:

Flanco Occidental y Oriental

### **FLANCO OCCIDENTAL**

Generalmente flancos de pendientes moderadas a fuertes las cuales dan directamente al cauce del río Huambo, 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 deyeativos aluviales de escaso volumen.

La vía se encuentra en las laderas de estos valles, los valles se encuentran en proceso de profundización con un previo modelado fluvio glacial en las partes altas (Km.7+540 a Km. 20+100), las laderas de estos valles se encuentran cubiertas por materiales coluviales 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.

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 deslizamientos y derrumbes.



### **FLANCO OCCIDENTAL**

Las laderas de este flanco occidental se encuentran cubiertos en partes por una capa de algunos metros de espesor conformado por materiales: coluviales, aluviales y residuales, que desembocan en un valle tipo V, que llega al cauce del Río Ricran, 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.

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. Especialmente se encuentran ubicadas en los fondos de los valles y quebradas; están constituidas por materiales clástico.

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; desde la divisoria hasta el poblado de Ricran, (ii) Unidad que presenta pendiente moderada a Fuerte. Desde Ricran hasta Tapo.

### **UNIDAD DE LADERA DE PENDIENTE SUAVE A MODERADA**

La unidad de Ladera de Pendiente Suave a Moderada, localmente está conformada por afloramientos de lutitas y areniscas de la Formación Concepción, 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.



### **UNIDAD DE LADERA DE PENDIENTE FUERTE A ENCAÑONADA**

Se encuentra constituida por parte del valle del río Ricran, posee pendientes moderadas a fuertes entre 30° a 50° en promedio. 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.



### **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.



#### **4.2.6 GEOLOGIA LOCAL**

Localmente solo aflora las unidades lito-estratigráficas de la Formación Concepción, Grupo Mitú, Tarma, 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.

#### **FORMACION CONCEPCION (Dim-c) DEVONICO MEDIO INFERIOR**

Está compuesta de lutitas con areniscas, con niveles en estratificación de conglomerados cuarcíticos, calcáneos y

calcoarenitas en el tope. Los estratos de las areniscas son delgadas oscilando entre 10 -50 cm.

Aflora desde la quebrada de Ancach progresiva 7+ 540, Cerro Yuncausijanan, Cerro Perezpampa y Cerro Azapite hasta la quebrada de Canchurumi progresiva 22+380.

El espesor de la secuencia varía de 1600 a 2000 metros.

Asimismo aflora al final de la carretera entre las progresivas 68+020 al 68+520.



Lutitas y areniscas de la Formación Concepción (Fuente propia)

### **GRUPO TARMA (Cs-ta) Carbonífero superior (Pensilvaniano)**

Los afloramientos están conformados de un conglomerado basal, seguido de una serie interestratificada de areniscas a veces microconglomerádicas, lutitas y limolitas negras con intercalaciones calcáreas.

Esta serie aflora en 200 m en el lugar de Auquis Puquio, esencialmente en el valle de Ricrán-Callán, aflora a la margen derecha e izquierda de la carretera entre las progresivas 43+780 y 44+240, cuyas características litológicas son las mismas que aquellas descritas en la localidad original, por NEWELL et. al., 1949.



### **GRUPO MITU Ps-m (Pérmico Superior – Triásico Inferior)**

Son rocas constituidas por riolitas y cenizas detrítico-volcánicas, intercaladas con brechas y microbrechas de explosión. Además tienen rocas dacita-riolita alteradas y coloreadas en óxidos de hierro.

Las rocas se presentan en los afloramientos en la carretera en una secuencia de 200 metros al final de la quebrada Cachirumi, en la margen derecha en una curva de la progresiva 26+000 al 26+200, cerca a la hacienda de Cayan.

Esta secuencia también aflora en el flanco oriental en el cuadrángulo de Tarma, en el cual las rocas no presentan material volcánico,

presentando conglomerado, areniscas conglomerádicas y de grano grueso predominando sobre las limolitas y lutitas. El color más frecuente es el rojo ladrillo hasta concho de vino, seguido por el verde y el rosado; pero es de notar el hecho que un débil aumento de temperatura provoca la aparición de colores marrones y verdes.

Estas afloran entre las progresivas 32+960 al 35+120,

Además afloran entre las progresivas 35+160 al 41+260



### **FORMACION CHAMBARA TRs-ch Triásico Superior**

Comprende calizas dolomíticas y dolomitas grises intercaladas con brechas calcáreas, margas, turbiditas y hacia el tope calizas con nódulos de chert..

Aflora en el cuadrángulo de Jauja, en la margen derecha de la carretera entre las progresivas 26+200 al 26+ 400.

En el Cuadrángulo de La Oroya, aflora la Formación Chambará en el cerro Culimarca y Cerro Huacaloma, en la margen izquierda de la

carretera entre la progresiva 27+020 al 32+780, Se encuentra bien expuesta en el sinclorium de Ricrán.

En el cuadrángulo de Tarma aflora la Formación de Chambará aflora entre las progresivas 43+340 al 43+760, donde la falla inversa lo coloca debajo de Grupo Tarma.

### **DEPOSITOS FLUVIO GLACIARES (Cuaternario)**

Son detritos de material glaciar, coluvial, aluvial y lacustre. De variado espesor.

Son 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 Gravas, arenas, limos y arcillas, 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; 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 COLUVIALES Y PROLUVIALES**

Son depósitos que han sido transportados como flujos de lodo, se encuentran conformando terrazas de antiguos niveles del río Ricran 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 subredondeados, 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.



## **DEPÓSITOS DELUVIALES**

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.



## **DEPÓSITOS ALUVIALES**

Estos materiales se encuentran en las terrazas del cauce del río Ricran, 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.



## **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 NE-SW, por otro lado los pliegues poseen una dirección preferencial NE-SW.

Estas estructuras han determinado, en general, la dirección preferencial de los cauces de los ríos y quebradas de la región, así

mismo, han otorgado la morfología alargada de las montañas y colinas de la zona.

Localmente el resultado de los procesos tectónicos se evidencia en los afloramientos rocosos por el fracturamiento y la inclinación de los estratos.

## **PLIEGUES**

Las estructuras mayores están constituidas por:

- a.- EL SINCLINAL (Yanachaga- Pacccha):** Situado al oeste, está constituido por las calizas del Grupo Chambará.
  
- b.- EL ANTICLINAL DE CHAQUICOCHA:** Exhibe en su núcleo calizas de la Formación Chambará en la parte norte las molasas clásticas continentales del Grupo Mitú. El anticlinal sigue el rumbo de la falla longitudinal inversa.

## **FALLAS Y FRACTURAS**

- a.- FALLAS LONGITUDINALES:** Son herencia de la Tectónica Herciniana.

Entre Chupilca y Colpa se encuentra una Falla Longitudinal con rumbo promedio N 30° - 50° W y buzamiento 60° - 65° E. SE, se encuentra atravesando la Fm Concepción y el Grupo Tarma, atraviesa la carretera en las progresivas 17+300, luego en la progresiva 17+620, posteriormente en la progresiva 19+480, tienen un ancho promedio de 30 a 50 m de zona brechada.



Falla progresiva 17+300



Falla 17+620



Falla Progresiva 19+480

Falla longitudinal Tapo- Huagrapuquio, con rumbo  $10^{\circ}$  a  $15^{\circ}$  W, con una zona brechada de 50 m. perdiéndose en la cobertura cuaternaria, atravieza a la carretera en la progresiva 45+820

La falla longitudinal inversa se encuentra entre Quichque y Huayrashpa, con un rumbo N-S al principio para luego cambiar al  $10^{\circ}$  -  $20^{\circ}$  W, que coloca al Grupo Tarma encima de la Formación Chambará, esta atravieza a la carretera en la progresiva 43+760. Se caracteriza por tener una zona de brechas de 20 – 40 metros de ancho.

Otra falla longitudinal de rumbo  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$  al W, se encuentra entre Jangura y Junio, pone en contacto la Fm Concepcion y la Fm Chambara, se caracteriza porque presenta una zona brechada de colores blanquecino-verdoso, azulado, tiene un ancho de brechas de 50 -60 m, atraviesa la carreta en la progresiva 64+390.

Entre Yaroc y Capac, de orientación de  $20^{\circ}$  a  $30^{\circ}$  al W, se presenta una falla en el Grupo Mitu, atraviesa a la carretera en las progresivas 64+500.

#### **b. FALLAS TRANSVERSALES**

Estas se encuentran atravesando a la secuencia Paleozoica y Cretácea, con un rumbo promedio N-S y E-W, otras tienen un rumbo de NE-SW.

#### **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.



#### **4.2.7 CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS**

La ubicación geográfica del Perú, dentro del contexto geotectónico mundial “Cinturón de Fuego Circunpacífico” y la existencia de la placa tectónica de Nazca, que se introduce debajo de la Placa Sudamericana, hacen de nuestro país un territorio con alto índice de sismicidad. Ello se advierte por los continuos movimientos telúricos producidos a lo largo de nuestra historia; así como por los eventos catastróficos registrados.

La tectónica de la región andina es controlada principalmente por el desplazamiento de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana, esto genera un plano de fricción de ambas placas, originando un número ilimitado de sismos de diversas magnitudes a diferentes

niveles de profundidad. *“La placa sudamericana crece a partir de la cadena meso-oceánica del Atlántico, avanzando hacia el noroeste con una velocidad de 2 a 3 cm por año, encontrándose con la placa de Nazca en su extremo occidental. A su vez, la placa de Nazca crece en la cadena meso-oceánica del Pacífico y avanza hacia el este con una velocidad de 5 a 10 cm por año, hundiéndose bajo la Placa Sudamericana con una velocidad de convergencia de 7 a 13 cm por año”.* (Tavera, H. 1993)

Estos sismos constituyen la principal fuente sismogénica presente en Perú debido a la ocurrencia de sismos de magnitud elevada de manera muy frecuente, los mismos que han producido un alto grado de destrucción y mortalidad en la zona oeste del Perú. La ocurrencia menos frecuente de sismos destructores se produce en el interior del continente, siendo esta la segunda fuente sismogénica, caracterizada por generar sismos de magnitud menor, pero al ser más superficiales son igual de destructivos que los anteriores.

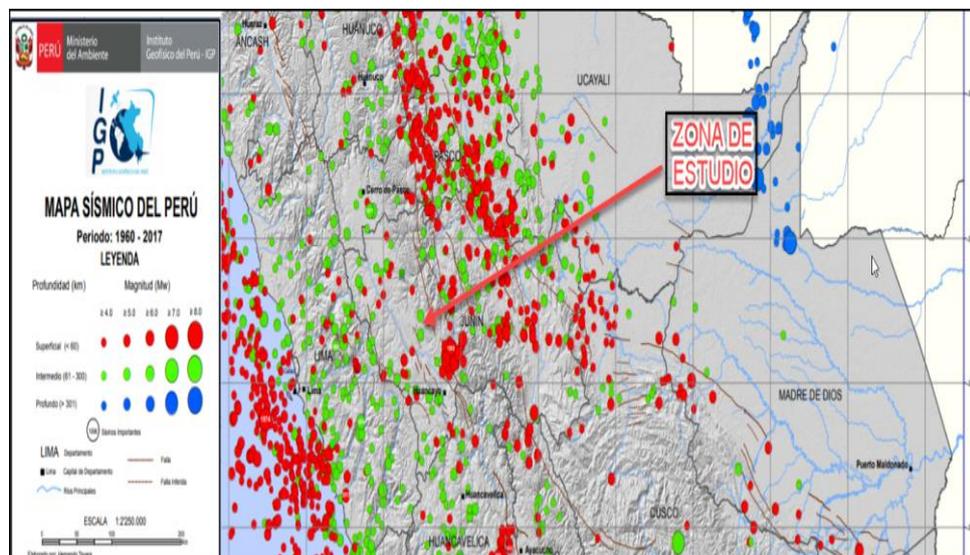
El Instituto Geofísico del Perú (IGN) ha elaborado un mapa del territorio peruano en el que se establece 3 zonas de actividad sísmica (Zona I, Zona II y Zona III), las cuales presentan diversas características de acuerdo a la mayor o menor actividad sísmica. Este mapa denominado **Mapa de Zonificación 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 de Zonificación sísmica

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.

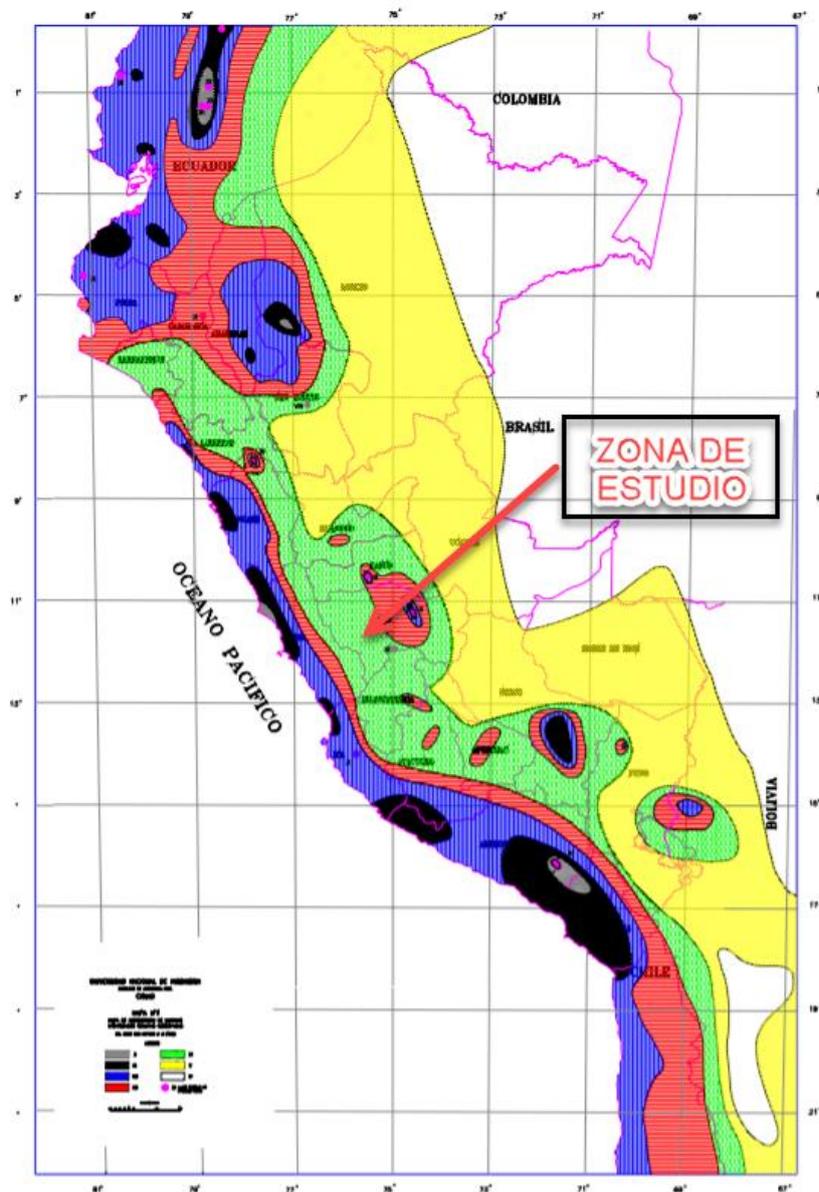


*Mapa de Magnitudes y profundidad de los sismos ocurridos en la zona de sismo.*

*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 en mención, 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 Jauja, Yauli, Ricran, Tapo y Palca, Provincia Junin, La Oroya y Tarma, le corresponde una sismicidad Moderada, de intensidad VI en la Escala de Mercalli modificado.



*Referencia: Mapa de Sismicidad del Perú – IGP.*

El análisis y formulación de los parámetros sísmicos para el diseño de estructuras, ha sido definido dentro del marco conceptual básico del Manual de Diseño de Puentes DGSF – MTC y, en lo que aplique, a la Norma Técnica NT-E.30 del Reglamento Nacional de Construcciones del Perú; en este contexto, se ha definido el factor de aceleración máximo de terreno (Z), (ver Tabla N° 01) que se relaciona con la ubicación geográfica y el factor S (ver Tabla N° 02) que es involucrado en el cálculo del efecto de ampliación del suelo. A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

<b>FACTORES DE</b>	
<b>ZONA</b>	<b>Z</b>
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

*Tabla 1: Factores de Zona.*

<b>FACTOR DE SUELO "S"</b>				
Suelo Zona	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,05	1,10
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
–	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,60	2,00

*Tabla 2: Factor de Suelo.*

Cuadros determinados en base a la distribución espacial de la sismicidad documentada en el país, así como a las características de los movimientos sísmicos y a las tendencias de intensidad decreciente con respecto a los epicentros registrados en el Catálogo Sísmico Nacional.

La clasificación Del perfil de suelo presentado en estas zonas es de tipo  $S_0$  y  $S_2$ : Roca Dura y Suelos Intermedios:

#### **PERFIL TIPO $S_0$ - Roca Dura**

A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte  $V_S$  mayor que 1500 m/s. Las mediciones deberán corresponder al sitio del proyecto a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas. Cuando se conoce que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, las mediciones de la velocidad de las ondas de corte superficiales pueden ser usadas para estimar el valor de  $V_S$ .

#### **PERFIL TIPO $S_2$ - Suelos Intermedios**

A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte  $V_s$ , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT N60, entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada  $S_u$  entre 50 kPa (0,5 kg/ cm<sup>2</sup>) y 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un

incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

Parámetros del Suelo				
Tipo	Descripción	TP	TL	S
So	Roca Dura	0,3	3,0	0.80
S <sub>o</sub>	Suelos Intermedios	0.6	2.0	1.20

*Tabla 3: Parámetros del Suelo.*

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 So

Periodo Predominante  $T_p = 0.3s$

$T_L = 3.0s$

Factor de amplificación del  $S = 0.80$

suelo

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  $S = 1.20$

suelo

Concordantemente con un criterio práctico, la normatividad pertinente asume la división del territorio en cuatro zonas (según la

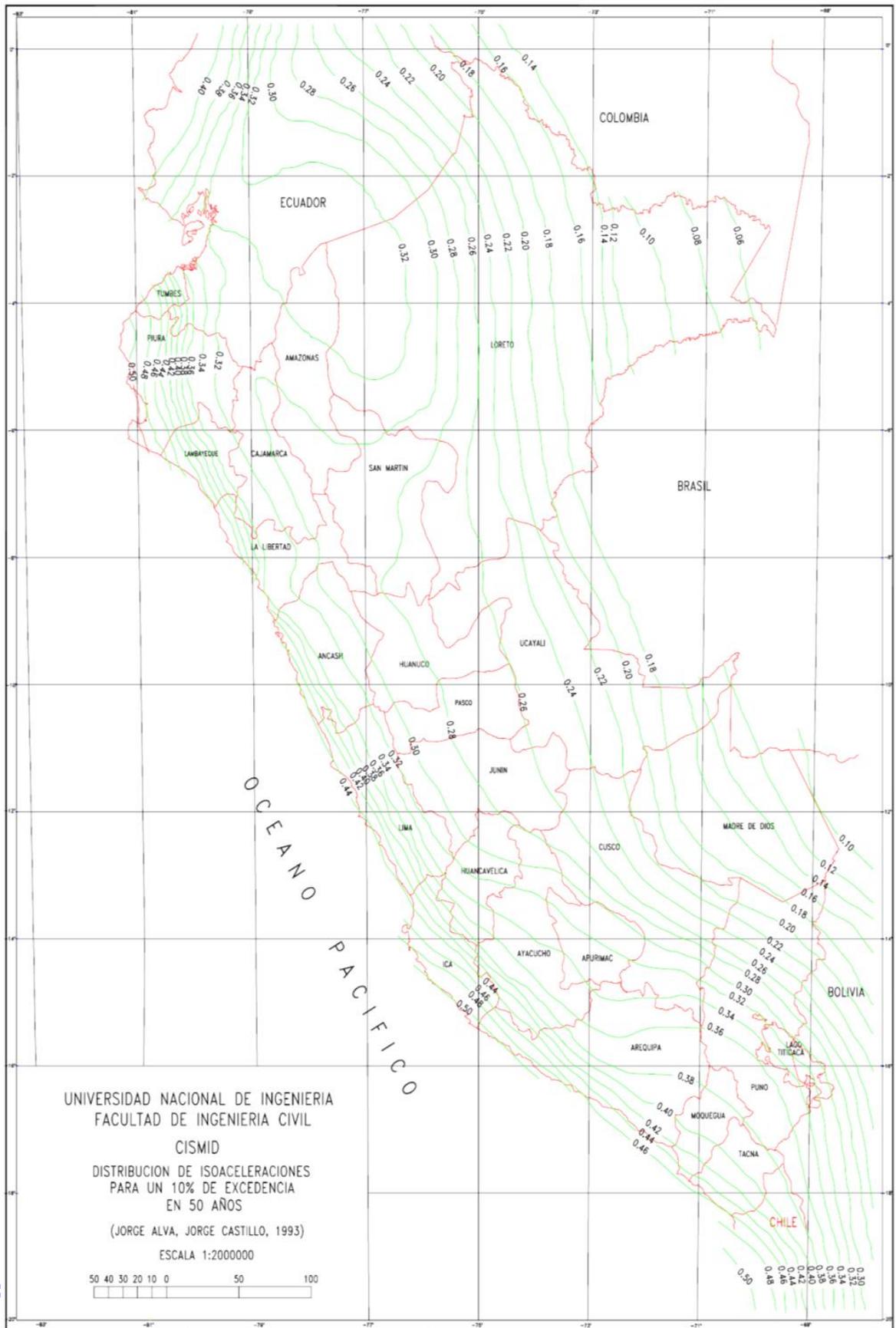
norma NT E-0.3) respectivamente, asignándoles sus correspondientes parámetros de aceleraciones máximas, dentro de un rango de probabilidad determinado.

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 0.26 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 .

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

Iso-aceleraciones máxima	:	0.30g
Zonificación Sísmica	:	2
Coeficiente de aceleración (A)	:	0.28
Perfil tipo de suelo (Coeficiente del sitio = S)	:	S0 – 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:  $a_c = 0.63 a_{máx}$ .



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 psuedo 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 de Iso-aceleraciones.*

## **GEODINÁMICA EXTERNA**

Los procesos de geodinámica externa constituyen problemas de importancia, por tener nuestro territorio una morfología accidentada; contribuyendo las variadas condiciones climáticas presentes; a su ocurrencia continua de estos fenómenos en la Cordillera de los Andes, contrafuertes orientales y occidentales en todos los niveles y tipos de afloramientos rocosos y depósitos recientes.

La ocurrencia de fenómenos de Geodinámica Externa tienen relación directa en toda obra de Ingeniería que se planifique o construya, en las obras viales incide en su desarrollo y conservación influyendo muchas veces en su paralización total o parcial y en el desembolso de altas sumas de dinero en su rehabilitación.

Para la generación de los fenómenos de Geodinámica Externa, intervienen directa y/o indirectamente factores estáticos y dinámicos. dentro de los primeros consideramos los topográficos, estructurales (fallas, estratificación, fracturas, pliegues, etc.), litológicos (suelos y rocas, grado de alteración y litificación) y dentro de los factores

dinámicos se encuentran principalmente los agentes hidrometeorológicos y el factor antrópico; hay que resaltar la acción de las aguas de lluvia que influyen en la inestabilidad de las masas rocosas; la actividad sísmica y la gravedad.

### **GEODINÁMICA EXTERNA EN LA VÍA**

El trazo vial del eje de la carretera corta diversas rocas tipo lutitas y areniscas foliadas, a veces con foliaciones con inclinaciones hacia la vía, conglomerados, calizas y depósitos cuaternarios. Por lo mismo en algunos sectores y sus alrededores se han observado índices de inestabilidad moderados, relacionados con deslizamientos (mayores y menores), desprendimientos y caídas de bloques, filtraciones, suelos saturados inestables, afloramientos de roca fracturada y meteorizada; 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 : 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.

En *Inventario y evaluación de sectores con problemas geodinámicos*.se describen los sectores de la carretera que

presentan procesos geodinámicos activos y/o latentes, debidamente clasificados.

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 areniscas, riolitas, dacitas, calizas, conglomerados y suelos medianamente rígidos con material cuaternario de tipo residual.



### **ESTRUCTURAL**

Las estructuras geológicas (relación macizo rocoso-estructura) como plegamientos (anticlinales, sinclinales), foliaciones, se encuentran relacionadas con abundante diaclasamiento, .



*Foliación en rocas metamórficas.*

## **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.



*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 30 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.

### **SÍSMICO**

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.

Como parte de la evaluación de geodinámica externa, está la identificación de fenómenos activos o potenciales dentro de la franja de vía. En todos los casos se indica el grado de nivel de riesgo de la vía ante la acción, activación y/u ocurrencia de un fenómeno geodinámico el cual este afectando o afecte la vía y/o a los transeúntes, basado en una escala cualitativa propuesta por el Instituto Tecnológico Geominero de España (ver Cuadro N° 04) para la evaluación del nivel de riesgo de sectores inestables, el que divide

en cuatro categorías: Riesgo débil, mediano, elevado y muy elevado, por medio de la siguiente tabla:

*Evaluación de nivel de riesgo.*

ZONA:				
SITUACION:				
OBSERVADOR:			FECHA:	
CONDICIÓN DE LA ZONA			INFLUENCIA SOBRE LA TRAYECTORIA	
Equilibrio actual			TOPOGRAFIA	
Estable (0)	Estricto (1)	Critico (2)	VEGETACIÓN	
Evolución			PROTECCIÓN	
Nula (0)		Programa (1)		
Topografía				
Suave <10 (0)	Media 10-30 (1)	Fuerte >30 (2)		
Volumen (m <sup>3</sup> )				
<10 (0)	10 - 100 (1)	100 - 1000 (2)	>1000 (3)	
Daños Posibles				
Humanos		Materiales		
NO (0)	SI (1)	Ligeros (0)	Medios (2)	Catastrofico (3)
0-4 : Riesgo debil (R0) 4-8 : Riesgo MEDIANO (R1) 8-12 : Riesgo elevado (R2) 12-16 : Riesgo muy elevado (R3)				

Fig. 2.57.- Evaluación del nivel de riesgo

DATOS		EVALUACION DE RIESGOS													Total	Grado de riesgo	Medidas	Fotos				
PROGRESIVA		TIPO DE FENOMENO QUE AFECTA LA VIA	EQUILIBRIO ACTUAL			EVOLUCION		TOPOGRAFIA			Volumen (m3) afectada								Daños humanos		Daños materiales	
INICIO	FINAL		ESTABL	LATE	CRITIC	NU	PROGRE	SU	M	FUE	-10	-	+100	-	No	Si	Li	Mod	Ca			
		NT	IC	LA	S	AV	E	RTE	(0)	10	0	(2)	1000	(0)	(3)	ger	er	ts				
7+600	7+900	deslizamientos	1			1			2				3			1			8	Mediano	Reperfilado del talud e implementación de muro contrafuertes y realizar subdrenaje horizontal de 20 metros en la corona del talud	
9+000	9+040	Erosión plataforma	1			1			2				3			1			8	Mediano	Reforzamiento del muro de contención y subdrenaje en el talu de 20 m.	
19+480	19+530	Erosión plataforma	1			1			2				3			1			8	Mediano	Reforzamiento del muro, subdrenaje en el talu de 5º m.	
21+760	22+380	Hundimiento plataforma	1			1			2			2				1			7	Mediano	Subdrenaje horizontal de 20 m	
29+010	29+020	Erosión del río	1			1			2			2				1			7	Mediano	Muro de contención o gaviones.	
34+640	34+690	Deslizamiento	1			1			2				3			1			8	Mediano	Reperfilado del talud e implementación de muro contrafuertes y realizar subdrenaje horizontal de 20	



## **DESLIZAMIENTOS**

Son movimientos de masas de suelo o roca pendiente abajo, que se desplazan respecto a otro sustrato firme por medio de una o varias superficies de falla, la masa generalmente se desplaza en conjunto pudiendo ser este movimiento lento o muy resuelto.

Estos movimientos se distinguen por la topografía que presentan, las cuales incluyen: escarpas (principales y secundarias), cabeceras, flancos, grietas y saltos.

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 la Formación Concepción 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 microcuencas.

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 compactados que caen sobre del camino en cantidades relativamente pequeñas o medianas.



Deslizamiento rotacional

### **CAUSAS DE SU OCURRENCIA**

- 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.

## **MEDIDAS CORRECTIVAS**

Para la estabilización y/o mitigación de las zonas afectadas por deslizamientos se plantea las siguientes recomendaciones típicas, las mismas que serán evaluadas para cada caso en particular, de acuerdo a la información tomada en campo, a los resultados de los ensayos de laboratorio y a la evaluación de estabilidad de taludes.

- Remoción del material inestable propenso a deslizarse, lo cual se deberá realizar mediante maquinaria convencional evitando el uso de explosivos para evitar la activación del proceso geodinámica.
- Sellado y/o impermeabilizado (con arcilla) de las grietas de tracción que se ubican en el talud superior de las áreas propensas a deslizarse, 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 evitaran la saturación de la masa deslizante por las aguas de escorrentía pluvial y superficial.
- Reperfilado (tendido) del talud sobre el frente del deslizamiento, (H: V) de 1:1.5 y 1:2, de acuerdo a los resultados del análisis elaborado.
- Banqueteo de taludes, altura máxima de 6.00 metros con bancos de 3 metros.
- Estabilización estructural con la colocación de muros de contención de gaviones.
- Revegetación de taludes, los cuales evitaran la saturación del talud y la erosión por escorrentía superficial y eólica.

- Desplazamiento del eje, alejándose lo más posible de la zona activa del deslizamiento.

### **DERRUMBES Y CAÍDA DE DERRUBIOS**

Son desprendimientos repentinos y bruscos de una porción de suelo o sustrato rocoso por la pérdida de la resistencia del talud, lo cual ocasiona el colapso casi vertical de los materiales. Estos eventos son ocasionados en su mayoría por la elevada pendiente del talud; el socavamiento del talud inferior; la presencia de fallas, fracturamiento y planos de estratificación en sentido del talud; la fuerza de la gravedad; precipitaciones pluviales; sismos y/o la construcción de obras civiles.

En la zona de estudio este fenómeno tiene lugar sobre depósitos coluviales sueltos y rocas altamente fracturadas y moderadamente alteradas del Grupo Mitú, el grado de fracturamiento y la dirección de las discontinuidades predisponen su desprendimiento en los taludes de corte de la carretera y en las zonas desprovistas de vegetación.

Siendo en general debido a que la dirección de las discontinuidades coincide con la dirección del talud y el grado de fracturamiento de la roca. Los sectores afectados por este fenómeno geodinámico se presenta en la progresiva 53+480 al 55+360.

Los derrumbes anteriores alcanzaron como máximo extensiones cercanas a los 10 m (en la base), afectan sólo al talud superior y la masa desplazada se acumula en el lado interior del terraplén de la

vía, ocasionando el angostamiento del ancho de la vía y muy eventualmente la interrupción de tráfico. Su presencia es difícil de prevenir por tratarse de zonas inestables.



*Caída de derrubios .*

### **CAUSAS DE SU OCURRENCIA**

- Cortes altos en roca.
- Taludes con roca disturbada y/o muy fracturada y/o alterada.
- Meteorización diferencial (estratos competentes e incompetentes).
- Efectos sísmicos y gravitacionales.

### **MEDIDAS CORRECTIVAS**

- Se plantean las siguientes soluciones generales, las cuales se aplicarán de acuerdo a la necesidad y características de cada uno de los sectores afectados por derrumbes, para cada área se tomarán una o un grupo de acciones a seguir.

- Reperfilado de taludes de corte, en caso de taludes muy altos esto se deberán efectuarse con el diseño de banquetas, las cuales no deberán tener más de 7 metros de altura por 3 de berma.
- Desquinche de materiales que se encuentren sueltos, evitando el uso de explosivos.
- Barreras de contención del tipo muro de gaviones y/o piedra con mampostería.
- Dejar retiros para la acumulación de los materiales y posterior limpieza.

### **HUNDIMIENTO**

Este fenómeno geodinámica se caracteriza por el descenso o movimiento vertical de una porción de suelo que cede a causa de la modificación del nivel freático, licuación de arenas o por deficiente compactación de la base de la plataforma. En la carretera se manifiesta por deformación vertical de la plataforma con el consiguiente deterioro de la misma principalmente por la presencia muy somera del nivel freático y la calidad del suelo y/o roca base y/o la presencia de falso relleno en la base de la plataforma.

En la carretera se ha identificado estos procesos en el trayecto de toda la carretera que cambian de acuerdo a la presencia de lluvias y los manatales, estas se encuentran entre las progresivas 21+760 al 22+380

## **CAUSAS DE SU OCURRENCIA.**

- 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.

## **MEDIDAS CORRECTIVAS**

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.

## **EROSIÓN FLUVIAL**

Este proceso actúa sobre las márgenes y el fondo del cauce con variados efectos colaterales; la erosión socava el talud inferior facilitando el deslizamiento o derrumbe del mismo, en el caso de la zona bajo estudio, la erosión fluvial disminuye el ancho de la plataforma, erosiona la base del talud inferior con el consiguiente colapso del mismo.

En el área de estudio este tipo de fenómenos afecta el siguiente tramo 29+010 al 29+020



*Erosión de ribera.*

## **CAUSAS DE SU OCURRENCIA**

- 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.

## **MEDIDAS CORRECTIVAS**

- Se recomiendan las siguientes medidas de solución y/o mitigación.
- Colocación de defensas ribereñas del tipo enrocados o escolleras.
- Limpieza del cauce y encauzamiento del mismo.
- Desplazar el eje hacia el talud superior, alejándose de la zona en proceso de erosión.

### **4.2.8 CARACTERIZACION GEOTECNICA DEL TRAZO**

Se describe las características geológicas poniendo énfasis en el comportamiento geotécnico de los afloramientos rocosos y depósitos cuaternarios que conforman los taludes y la plataforma de la carretera en estudio. Se ha mapeado la vía considerando sus características geológicas, geotecnias, geomorfológicas y geodinámicas, que en la práctica representan sectores con similar estabilidad o inestabilidad de taludes; así mismo se ha establecido las posibles implicancias de cada uno de estos sectores para el diseño geométrico del trazo de la carretera.

Para la caracterización de los sectores y el análisis de estabilidad de taludes se han utilizado el perfil estratigráfico de los cortes. Así mismo se ha realizado estaciones geomecánicas a lo largo de la vía, en la cual se ha tomado los datos geotécnicos de resistencia de las rocas y descripción de las discontinuidades, obteniendo de esta manera sus parámetros geotécnicos.

La estabilidad actual de los taludes está condicionada a las características ambientales presentes, por lo cual, cualquier cambio

que se produzca en ellos afectará su estabilidad, por lo que se recomienda prohibir la tala de vegetación, así mismo cualquier obra de drenaje y/o ingeniería que disturbe parte del talud, como es el caso de la construcción de canales de regadío y/o caminos en el ámbito de influencia de la carretera (50 metros), deberá ser analizada desde el punto de vista ingenieril mediante un estudio previo para proponer medidas que eviten la desestabilización de los taludes. De no cumplirse estas recomendaciones, en los sectores que se alteren (disturben) posteriores a este estudio y no contemplados en el mismo, podrían producir la aparición de derrumbes, deslizamientos y/o asentamientos no contemplados en el presente trabajo.

El análisis de estabilidad de taludes se realizó por el método de equilibrio límite, por medio del programa SLIDE, el cual emplea los métodos conocidos de equilibrio límite como BISHOP modificado, Jambú y Hock y Brown, a través de parámetros geotécnicos convencionales para tal análisis (ángulo de fricción, cohesión, peso unitario, napa freática, etc.).

Para lo cual se utilizó la Clasificación Geomecánica RMR de Bieniawski – 1989, la misma que tiene en cuenta la resistencia uniaxial de la matriz rocosa, grado de fracturamiento, espaciamiento y condición de las discontinuidades, condiciones hidrogeológicas y la orientación de las discontinuidades con respecto al talud rocoso.

Se ha realizado la clasificación de los materiales de corte de talud, teniendo en cuenta las características litológicas, estructurales, hidrogeológicas y geodinámicas, designando un ángulo de corte desde el punto de vista técnico y económico para garantizar la estabilidad del talud. La clasificación se ha elaborado en base a la normativa establecida en la Sección 205 – “Excavación para Explanaciones” de las normas de la DGC-MTC.

#### **4.2.9. CLASIFICACIÓN DE MATERIALES DE CORTE**

En esta sección se clasifica los materiales que serán excavados, removidos, cargados y transportados hasta su disposición final, estos materiales son productos de los cortes requeridos para la ampliación de la vía, excavación y nivelación de las zonas comprendidas dentro del prisma donde ha de fundarse la carretera, incluyendo taludes y cunetas; así como la escarificación, conformación y compactación de la sub-rasante en corte.

La clasificación es en porcentajes y toma como criterios la clasificación de la normativa de la Sección 205 – “Excavación para Explanaciones” de las normas de la DGC-MTC, en la que se determina las siguientes clasificaciones:

**ROCA FIJA:** Comprende la excavación de masas de rocas mediana o fuertemente litificadas que, debido a su cementación y consolidación, requieren el empleo sistemático de explosivos.

**ROCA SUELTA:** Comprende la excavación de masas de rocas cuyo grado de fracturamiento, cementación y consolidación permite el uso

de y/o requieren el uso de explosivos, siendo este último en menor proporción que en el caso de roca fija, también están incluido en esta clasificación la excavación de bloques con volumen individual mayor de un metro cúbico ( $1 \text{ m}^3$ ), procedentes de macizos alterados o de masas transportadas o acumuladas por acción natural, que para su fragmentación requieran el uso de explosivos.

**MATERIAL SUELTO:** Comprende los suelos no cementados y rocas muy alteradas y fracturadas cuya remoción solo requiere el empleo de maquinaria y/o mano de obra.

También se toma como criterio de clasificación el comportamiento natural de los taludes “in situ”; en los taludes de roca se relacionan con la distribución del sistema de discontinuidades, características del relleno y las propiedades de la roca intacta; y en los taludes conformados por un depósito cuaternario (suelo) está íntimamente relacionado con su geometría, granulometría, compacidad, cementación, presencia de agua, grado de alteración de las partículas y la susceptibilidad a la erosión.

Dada las características topográficas, climáticas y geológicas de la zona de estudio, los taludes de poca pendiente se encuentran conformados por una delgada capa de depósitos cuaternarios, principalmente por suelos residuales y/o coluviales, presentando una transición de suelo residual al substrato rocoso, variando la base rocosa desde altamente alterada y fracturada a inalterada y sana; para determinar el límite y/o variabilidad de este contacto se efectuó

una inspección visual y se realizaron pequeños piques de exploración con la ayuda del martillo de geólogo, en distintos sectores a lo largo de la vía. Existen sectores, sobre todo en las curvas de volteo, donde que la naturaleza de los materiales no permiten definir exactamente la variabilidad (suelo/roca) ante, por lo cual se recomienda, para efectos de la valoración del volumen en los trabajos de movimiento de tierras, considerar un precio ponderado calculado en base a los porcentajes precisados en el cuadro “Clasificación de Materiales de Corte”, los cuales se basan en la proyección de los resultados de la exploración antes indicada.

Para la clasificación de los afloramientos rocosos, se ha tomado como factor cualitativo de referencia de la dureza de los mismos, para lo cual se utilizó la Tabla de estimación de la dureza de la roca (ver tabla inferior), realizando pruebas con el martillo en cada uno de los afloramientos inventariados.

Fuente: Instituto Tecnológico Geominero de España (1994)

Clasificación	Identificación
Muy dura	El martillo produce solamente descarillado de la muestra. Sonido metálico del golpe.
Dura	El espécimen es fracturado con muchos golpes del martillo.
Medianamente Dura	El espécimen requiere más de un golpe de martillo para ser fracturado.
Ligeramente suave	No se puede raspar o descarillar con un cuchillo de bolsillo. El espécimen puede ser fracturado con un solo golpe firme de martillo
Débil o suave	Se descarilla con dificultad con un cuchillo de bolsillo; indentado poco profundo con golpes firmes con la punta del martillo del geólogo.
Muy débil	Se descompone con golpes firmes con la punta del martillo de geólogo. Puede ser descarillado con un cuchillo de bolsillo.

*Clasificación para estimar el índice de dureza de la Roca.*

Posteriormente se relacionó con la el criterio de ripabilidad según Weaver

CLASE DE ROCA	I	II	III	IV	V
DESCRIPCIÓN	Roca muy buena	Roca buena	Roca media	Roca mala	Roca muy mala
VELOCIDAD SÍSMICA (m/s)	> 2150	2150 - 1850	1850 - 1500	1500 - 1200	1200 - 450
Puntuación	26	24	20	12	5
DUREZA	Roca extremadamente dura	Roca muy dura	Roca dura	Roca blanda	Roca muy blanda
Puntuación	10	5	2	1	0
ALTERACIÓN	Sana	Ligeramente alterada	Alterada	Muy alterada	Completamente alterada
Puntuación	9	7	5	3	1
ESPACIADO DE JUNTAS (mm)	> 3000	3000 - 1000	1000 - 300	300 - 50	< 50
Puntuación	30	25	20	10	5
CONTINUIDAD DE LAS JUNTAS	Discontinuas	Poco continuas	Continuas sin relleno	Continuas con algún relleno	Continua con relleno
Puntuación	5	5	3	0	0
RELLENO EN LAS JUNTAS	Cerradas	Algo separadas	Separadas < 1 mm	Con relleno < 5 mm	Con relleno > 5 mm
Puntuación	5	5	4	3	1
ORIENTACIÓN DE LA DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO	Muy desfavorable	Desfavorable	Poco desfavorable	Favorable	Muy favorable
Puntuación	15	13	10	5	3
VALORACIÓN TOTAL	100 - 90	90 - 70*	70 - 50	50 - 25	< 25
VALORACIÓN DE LA RIPABILIDAD	Voladura	Extremadamente difícil de reparar	Muy difícil de reparar	Difícil de reparar	Fácilmente ripable
Selección de la maquinaria	-	DD9G/D9G	D9/D8	D8/D7	D7
Potencia (CV)	-	770/385	385/270	270/180	180
KW	-	575/290	290/200	200/135	125

*Criterio de Ripabilidad Propuesto por Weaver.*

*Clasificación Geotécnica de la vía, Talud de Corte Proyectoado, Talud de Relleno y Comentarios Geológicos.*

## SECTORIZACIÓN

El tramo en estudio presenta una topografía que varía de plana a semi-ondulada y ondulada, predominando los sectores semi-ondulados y en menor proporción los sectores planos.

- **SUB-TRAMO Z-1 (km. 0+000 al km. 7+540) (km 22+380 al km 27+020) (3 km 2+780 al km 32+960) (km 35+120 al km 35+160) ( km 41+260 al km 43+340) (km 43+760 al km 43+780) ( km 44+240 al km 44+380)**

Este tramo se inicia en el km. 0+000 zona de Jauja con una topografía plana, desde el km 1+000, el trazo continúa en forma ascendente por una topografía irregular, con ancho de plataforma de 4m aprox. con pendientes promedios del 10% hasta llegar al km

7+540 (se observa esporádicamente afloramientos de areniscas y lutitas

En general los suelos están conformado por Bolos en un 5%, Gravas 20%, Arenas 50%, limos y arcillas 15%. Es una zona relativamente estable, sin taludes en algunos sectores llega a un metro de altura del talud. propensos a sufrir ah al 35+uellamientos debido a la saturación producidas por las lluvias y la carencia de cunetas y alcantarilla.

- ***SUB-TRAMO Z-2: (km. 7+540 al km. 22+380) (( km 68+020 al ( km 68+520)***

Desde el km 7+540, el trazo continúa de forma regular por una topografía ascendente aprovechando al máximo la plataforma existente, con curvas suaves de radios grandes, y tangentes largas, con ancho de plataforma que varía de 4 m a 5 m hasta llegar al km 22+380.

Forma parte de la unidad de la Cordillera oriental vertiente occidental y oriental, esta zona se caracteriza por presentar depósitos residuales alterados por afloramientos de areniscas y lutitas de la Formación Concepción muy alteradas.

Los taludes adyacentes a la plataforma tienen pendientes que van de moderadas a fuertes, pero la sección de la vía cortara generalmente en taludes entre 10 metros a 15 metros. La vía se encuentra en taludes rocosos meteorizados.

- ***SUB-TRAMO Z-3 (km. 27+020 al km. 32+780) (( km 43+340 al km 43+760) ( km 45+820 al km 47+920) ( km 48+760 al km 52+180) (km 53+080 al km 53+480)***

Desde el km 27+020, el trazo continúa en forma regular por una topografía plana, con curvas suaves de radios grandes, y tangentes largas, con ancho de plataforma que varía de 3 m a 4 m. Estos tramos se caracterizan por presentar una pendiente que va de moderada a fuerte conformada generalmente por calizas pertenecientes al grupo Pucara alternadas con depósitos coluviales. Los taludes adyacentes a la plataforma presentan pendientes que van de bajas a muy altas 12m, la sección de la vía cortara generalmente taludes rocosos consistentes.

- ***SUB-TRAMO Z-4 (km. 32+960 al km. 35+120) (km 35+160 al km 41+260) (km 47+920 al km 48+760) (km 52+180 al km 53+080) (km 53+480 al km 55+360) (km 64+500 al km 68+020) Mitu***

Desde el km 32+960, el trazo continúa en forma regular por una topografía plana, con curvas suaves de radios grandes, y tangentes largas, con ancho de plataforma que varía de 3 m a 4 m.

Esta zona se caracteriza por presentar una geomorfología de moderada a fuerte conformada generalmente por afloramientos de areniscas, conglomerados del grupo Mitu alternadas con depósitos residuales y coluviales.

Los taludes adyacentes a la plataforma tienen pendientes suaves, la sección de la vía corta taludes de poca altura, salvo sectores muy esporádico en donde el talud tiene 15 m de altura.

- ***SUB-TRAMO Z-5 (km. 43+780 al km. 44+240) (km 44+380 al km 45+820)***

Este tramo se inicia en el km. 43+780, en general los taludes están conformados por depósitos residuales y afloramientos de estratos de grupo Tarma.

Los taludes de corte son escasos debido a la topografía, este sector por sus características geológicas y geodinámicas se clasifica estable.

### **ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES**

La evaluación geotécnica de estabilidad de taludes de corte de la carretera Jauja - Palca, han sido analizados en base a los resultados de los trabajos en campo, ensayos de laboratorio y cálculos computarizados en gabinete.

Inicialmente se realizó los trabajos de campo en donde se sectorizó los taludes agrupándolos de acuerdo a sus características litoestratigráficas, estructurales, geométricas y aspectos geodinámicos, así mismo se tuvo en cuenta el área de la zona que va ser disturbada (removida) y el grado de estabilidad actual del talud.

A lo largo de la carretera Jauja – Palca, en general, la sección recomendada se encuentra dentro de ancho existente o realizando

pequeños cortes menores a 2 metros de altura en menor proporción en suelos granulares cohesivos estables. Una mayor proporción de cortes se realizarán en rocas metamórfica (lutitas y areniscas y Rocas sedimentarias (conglomerados y calizas) estratificadas, muy poco fracturadas a altamente fracturadas y alteradas, siendo los cortes en general menores a 5 metros de altura. En tramos muy reducidos y esporádicos de la vía, la secciones se encuentran cortando taludes rocosos mayores a 10 m. de altura, muy consistentes y estables con tendencia a la verticalidad.

Los taludes de corte mayor corresponden a afloramientos rocosos conformados de calizas pertenecientes al Grupo Pucara y conglomerados polimicticos del Grupo Mitu. Para la evaluación de estabilidad de taludes rocosos se han realizado la evaluación Geomecánica en 2 puntos representativos (estación Geomecánica: Km. 8+200 , Km. 50+100 y Km 52+400), en los cuales se han tomado las muestras respectivas. La evaluación del macizo rocoso y el análisis de estabilidad de taludes se realizarán por medio de los programas Rocscience (Dips, Slide, Etc.) y Mac Stars.

El cuadro inferior muestra los resultados de los ensayos realizados en las muestra tomadas en la estaciones geomecánicas realizadas.

### **ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN MACIZOS ROCOSOS.**

El análisis de estabilidad de taludes rocosos en el tramo de estudio se inició con el reconocimiento y sectorización de los afloramientos

rocosos a los largo de la vía en estudio, posteriormente se eligió los lugares más representativos para efectuar el levantamiento geomecánico (estaciones geomecánicas) y la toma de muestras respectivas. Se optó por la clasificación RMR de Bieniawski para la clasificación cualitativa de los macizos rocosos y para el análisis de estabilidad de taludes los programas del Rocscience.

➤ **CLASIFICACION DE BIENIAWSKY (1973), actualizada en el 1989**

Este método le da un peso a cada uno de una serie de parámetros que se han integrado a una fórmula en la cual participan: el RQD; el grado de alteración de la roca; la separación promedio entre diaclasas (espaciamiento en el juego más desfavorable); la resistencia de la roca sana (compresión simple, en Kg/cm<sup>2</sup>); la apertura de las diaclasas; la continuidad o extensión de las diaclasas (persistencia); el flujo del agua que pudiere observarse en las discontinuidades relevadas; y, la orientación de las diaclasas (rumbo y buzamiento)

Teniendo como resultado la siguiente clasificación:

- Macizo Clase I: Roca sana, sin fracturas
- Macizo Clase II: Roca sana poco fracturada
- Macizo Clase III: Roca sana a alterada y fracturada
- Macizo Clase IV: Roca alterada a muy alterada y muy fracturada
- Macizo Clase V: Suelo de alteración de la roca o suelo

**I.- PARÁMETROS DE CALIFICACIÓN**

<b>RMR (1) RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA INTACTA</b>							
VALOR (kp/cm <sup>2</sup> )	>2.500	1.000-2.500	500-1.000	250-500	50-250	10-50	<10
VALORACIÓN	15	12	7	4	2	1	0

<b>RMR (2+3) RQD Y SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS</b>																
JUNTAS POR METRO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
VALORACIÓN	40	34	31	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	16	17
JUNTAS POR METRO		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
VALORACIÓN		17	16	15	14	14	13	13	12	12	11	11	10	10	9	9
JUNTAS POR METRO		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
VALORACIÓN		9	8	8	7	7	7	6	6	6	5	5	5	4	4	4

<b>RMR(4)</b>	<b>ESTADO DE LAS DIACLASAS</b>				
PERSISTENCIA	<1 m	1-3m	3-10m	10-20m	20m
	6	4	2	1	0
APERTURA	0	<0,1 mm	0,1-1 mm	1-5 mm	> 5 mm
	6	5	4	1	0
RUGOSIDAD	Muy rugosa	Rugosa	Liger. rugosa	Lisa	Espejo falla
	6	5	3	2	0
RELLENO	NO HAY	DURO CON ESPESOR <5mm	DURO CON ESPESOR >5mm	BLANDO CON ESPESOR <5mm	BLANDO CON ESPESOR >5mm
	6	5	3	2	0
GRADO DE METEORIZACIÓN	NO AFECTADO	LIGERO	MODERADO	ALTO	DESCOMPUESTO
	6	5	3	1	0

<b>RMR (5)</b>	<b>EFEECTO DEL AGUA</b>				
ESTADO	SECO	LIG. HÚMEDO	HÚMEDO	GOTEANDO	CHORREANDO
VALORACIÓN	15	10	7	4	0

**II.- CORRECCIÓN SEGÚN LA ORIENTACIÓN DE LA OBRA**

<b>DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL</b>				<b>DIRECCIÓN PARALELA AL EJE DEL TÚNEL</b>		<b>Buzamiento 0°-20° cualquier dirección</b>
<b>Excavación hacia buzamiento</b>		<b>Excavación contra buzamiento</b>				
<b>Buzam. 45-90</b>	<b>Buzam.20-45</b>	<b>Buzam. 45-90</b>	<b>Buzam. 20-45</b>	<b>Buzam. 45-90</b>	<b>Buzam. 20-45</b>	
Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable	Media	Media
0	-2	-5	-10	-12	-5	-5

<b>Orientación de rumbo y buzamiento de las fisuras</b>		<b>Muy Favorable</b>	<b>Favorable</b>	<b>Regular</b>	<b>Desfavorable</b>	<b>Muy Desfavorable</b>
<b>Valores</b>	<b>Túneles</b>	0	-2	-5	-10	-12
	<b>Cimentaciones</b>	0	-2	-7	-15	-25
	<b>Taludes</b>	0	-5	-25	-50	-60

<b>Valor total del RMR</b>	<b>81-100</b>	<b>61-80</b>	<b>41-60</b>	<b>21-40</b>	<b>&lt;20</b>
<b>Clase Número</b>	I	II	III	IV	V
<b>Descripción</b>	Muy Bueno	Bueno	Medio	Malo	Muy Malo

<b>FICHA DE ESTACIONES GEOMECAICAS</b>				
<b>NOMBRE</b> Km. 8+200	<b>FICHA DE</b> <b>ESTACIONES GEOMECAICAS</b>	<b>ESTACION:</b> <b>CLAVE:</b> <b>FECHA:</b>	<b>EGM-01</b> <b>JAUJA-2018</b> <b>JULIO 2018</b>	
<b>LITOLOGIA:</b> Lutitas y areniscas grises consistentes parcialmente fracturadas en paquetes de 10 a 60 cm. <b>FORMACION:</b> Fm Concepción <b>EDAD:</b> Devónico medio				
<b>PROMEDIOS DE MEDIDAS DE DISCONTINUIDADES</b>				
<b>TIPO DE PLANO</b>	<b>Foliación</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	
<b>ORIENTACION BUZAMIENTO (AZIMUT)</b>	<b>30°</b>	<b>150°</b>	<b>70°</b>	
<b>BUZAMIENTO</b>	<b>60°</b>	<b>75°</b>	<b>65°</b>	
<b>CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO RMR</b>				
<b>RMR</b>			<b>VALORACION</b>	<b>PUNTUACION</b>
<b>RMR 1</b>	<b>RESISTENCIA A COMP. SIMPLE (kg/cm²)</b>		<b>700</b>	<b>7</b>
<b>RMR 2+3</b>	<b>JUNTAS POR METRO</b>	<b>D1</b>		
		<b>D2</b>		
		<b>D3</b>		
		<b>Media</b>	<b>7</b>	<b>15</b>
<b>RMR 4</b>	<b>ESTADO DE LAS JUNTAS</b>	<b>Continuidad</b>	<b>10 - 20 cm</b>	<b>1</b>
		<b>Apertura</b>	<b>0,1 - 1 mm</b>	<b>4</b>
		<b>Rugosidad (JRC)</b>	<b>Ligeramente Rugosa</b>	<b>3</b>
		<b>Relleno</b>	<b>No Hay</b>	<b>6</b>
		<b>Meteorización</b>	<b>Ligera</b>	<b>5</b>
		<b>Suma</b>		<b>19</b>
<b>RMR 5</b>	<b>PRESENCIA DE AGUA</b>		<b>Seco</b>	<b>15</b>
			<b>SUMA TOTAL</b>	<b>56</b>

## ESTACIONES GEOMECÁNICAS REALIZADAS:

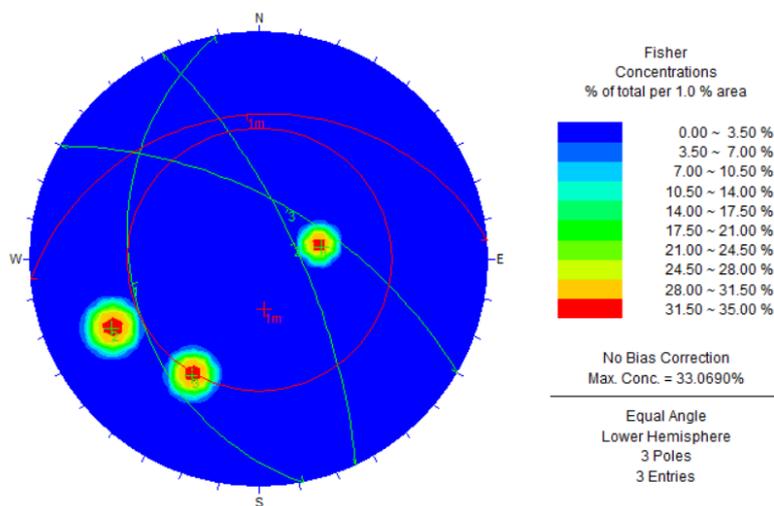
- **ESTACIÓN GEOMECÁNICA Km. 8+200:** taludes rocosos de 25 metros de altura máxima en secuencias de lutitas y areniscas foliadas duras grises en paquetes de 10 cm. a 60 cm. Dirección de foliación 30°, buzamiento 60°NW en promedio. Presencia de 2 familias principales de fracturamiento con tendencia a la verticalidad.

*Ficha de Estación Geomecánica EGM-01.*

- **ESTEREOGRAMA DE LAS DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO Km. 8+200**

### ESTACIÓN GEOMECANICA N°01

El análisis de las discontinuidades del macizo rocoso en la Estación Geomecánica **EGM-001** utilizando las técnicas de proyección estereográfica, se obtuvo como resultado la presencia de dos familias, 1ra Familia Rumbo 340 Buzamiento 85°NE, 2da familia Rumbo 240 Buzamiento 85°SE y la foliación Rumbo 30° Buzamiento 60°NW, se considera una zona semi estable, con caída de cuñas hacia la vía.



*Proyección Estereográfica de Discontinuidades EGM-01 (Software Dips)*



*Talud Rocos, lutitas y areniscas – Fm Concepción.*

- **Corrección por orientación de las discontinuidades:** Las direcciones y buzamientos de las discontinuidades son muy favorables (-0).
- **Para taludes:  $RMR = 56 - 0 = 56$**

Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para taludes como: Clase III o Media.

- **Para cimentaciones:  $RMR = 56 - 0 = 56$**

Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para cimentaciones como: Clase III o Media.

- **Estación Geomecánica Km.50+100:** taludes rocosos de 25 metros de altura máxima en secuencias de calizas muy duras grises en paquetes de 15 cm. a 60 cm. Dirección de la estratificación  $60^\circ$ , buzamiento  $60^\circ NW$  en promedio. Presencia de 2 familias principales de fracturamiento con
-

<b>FICHA DE ESTACIONES GEOMECHANICAS</b>				
NOMBRE <b>Km. 50+100</b>		FICHA DE  ESTACIONES GEOMECHANICAS	ESTACION: <b>EGM-02</b> CLAVE: JAUJA 2018 FECHA: JULIO 2018	
LITOLOGIA: Calizas grises consistentes parcialmente fracturadas en paquetes de 30 a 60 cm. FORMACION: Grupo Pucara EDAD: Triasico-Jurasico				
<b>PROMEDIOS DE MEDIDAS DE DISCONTINUIDADES</b>				
TIPO DE PLANO	Estrat.	F1	F2	
ORIENTACION BUZAMIENTO (AZIMUT)	60°	140°	75°	
BUZAMIENTO	60°	80°	75°	
<b>CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO RMR</b>				
<b>RMR</b>		<b>VALORACION</b>	<b>PUNTUACION</b>	
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE (kg/cm <sup>2</sup> )	650	7	
RMR 2+3	JUNTAS POR METRO	D1		
		D2		
		D3		
		Media	10	22
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	10 - 20 cm	1
		Apertura	0,1 - 1 mm	4
		Rugosidad (JRC)	Ligeramente Rugosa	2
		Relleno	No Hay	6
		Meteorización	Ligera	5
		Suma		18
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	Seco	15	
		<b>SUMA TOTAL</b>	<b>62</b>	

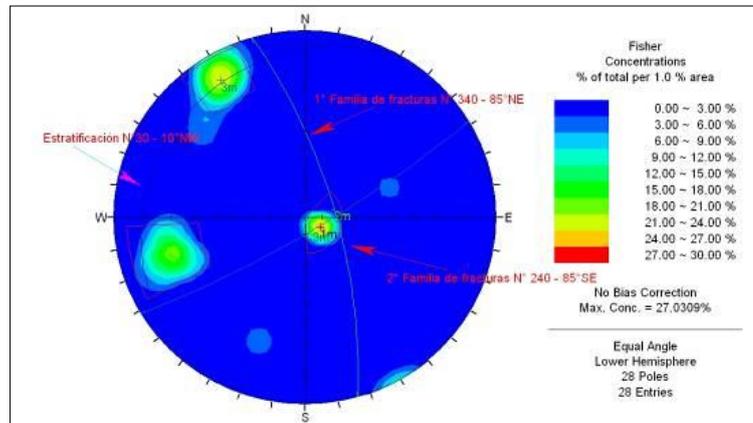
tendencia a la verticalidad. El sector se presenta encañonado con taludes casi verticales.

*Ficha de Estación Geomecánica EGM-02.*

- **Estereograma de las discontinuidades del macizo rocoso Km. 50+100**

**Estación Geomecánica N°02**

El análisis de las discontinuidades del macizo rocoso en la Estación Geomecánica **EGM-002** utilizando las técnicas de proyección estereográfica, se obtuvo como resultado la presencia de dos familias, 1ra Familia Rumbo N340 Buzamiento 85°NE, 2da familia Rumbo N240 Buzamiento 85°SE y la estratificación Rumbo N 30° Buzamiento 10°NW, se considera una zona estable.



*Proyección Estereográfica de Discontinuidades EGM-02 (Software Dips)*



*Talud Rocoso, Caliza - Fm Chambará .*

- **Corrección por orientación de las discontinuidades:** Las direcciones y buzamientos de las discontinuidades son muy favorables (-0).
- **Para taludes:  $RMR = 62 - 0 = 62$**

Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para taludes como: Clase II o Buena.

- **Para cimentaciones:  $RMR = 62 - 0 = 62$**

Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para cimentaciones como: Clase II o Buena.

- **Estación Geomecánica Km. 52+400:** taludes rocosos de 8 a 10 metros de altura máxima en secuencias de areniscas pardas claras en paquetes de 30 cm. a 80 cm. Dirección de la estratificación  $300^\circ$ , buzamiento  $30^\circ NW$  en promedio. Presencia de 2 familias principales de fracturamiento.

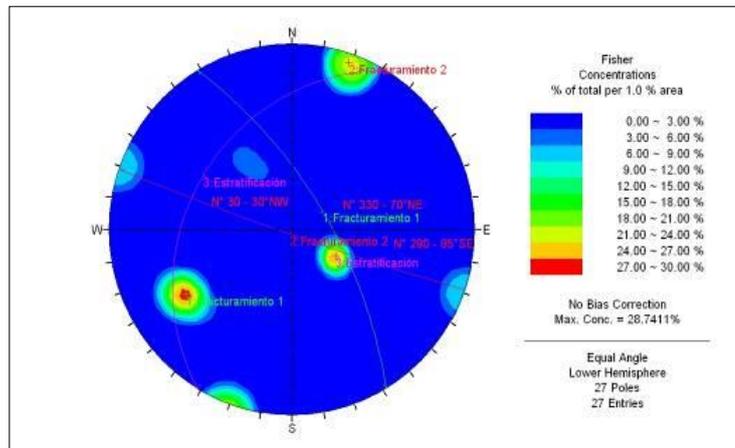
*Ficha de Estación Geomecánica EGM-03.*

<b>FICHA DE ESTACIONES GEOMECHANICAS</b>					
<b>NOMBRE</b> <b>Km. 52+400</b>		<b>FICHA DE</b>  <b>ESTACIONES GEOMECHANICAS</b>		<b>ESTACION:</b> <b>CLAVE:</b> <b>FECHA:</b>	<b>EGM-03</b> <b>JAUJA 2018</b> <b>JULIO 2018</b>
LITOLOGIA: Areniscas pardas claras parcialmente fracturadas en paquetes de 30 a 80 cm. FORMACION: Grupo Mitu EDAD: Pérmico Superior					
<b>PROMEDIOS DE MEDIDAS DE DISCONTINUIDADES</b>					
<b>TIPO DE PLANO</b>		Estrat.	F1	F2	
<b>ORIENTACION</b>					
<b>BUZAMIENTO (AZIMUT)</b>		300°	200°	60°	
<b>BUZAMIENTO</b>		30°	85°	70°	
<b>CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO RMR</b>					
<b>RMR</b>		<b>VALORACION</b>		<b>PUNTUACION</b>	
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE (kg/cm <sup>2</sup> )	1444		12	
RMR 2+3	JUNTAS POR METRO	D1			
		D2			
		D3			
		Media	8	24	
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	10 - 20 cm	1	
		Apertura	0,1 - 1 mm	4	
		Rugosidad (JRC)	Ligeramente Rugosa	3	
		Relleno	No Hay	6	
		Meteorización	No Afecta	6	
		Suma		20	
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	Seco		15	
			<b>SUMA TOTAL</b>	79	

- **Estereograma de las discontinuidades del macizo rocoso  
Km. 52+400**

### Estación Geomecánica N°03

El análisis de las discontinuidades del macizo rocoso en la Estación Geomecánica **EGM-003** utilizando las técnicas de proyección estereográfica, se obtuvo como resultado la presencia de dos



familias, 1ra Familia Rumbo N330 Buzamiento 70°NE, 2da familia Rumbo N280 Buzamiento 85°SE y la estratificación Rumbo N 30° Buzamiento 30°NW, se considera una zona estable.

*Proyección Estereográfica de discontinuidades EGM – 03  
(Software Dips)*



*Talud Rocoso - Grupo Mitu.*

- **Corrección por orientación de las discontinuidades:** Las direcciones y buzamientos de las discontinuidades favorables (-5).
- **Para taludes:  $RMR = 71 - 5 = 66$**

Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para taludes como: Clase II o Buena.

- **Para cimentaciones:  $RMR = 71 - 2 = 69$**

Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para cimentaciones como: Clase II o Buena.

### **ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES POR MEDIO COMPUTARIZADO.**

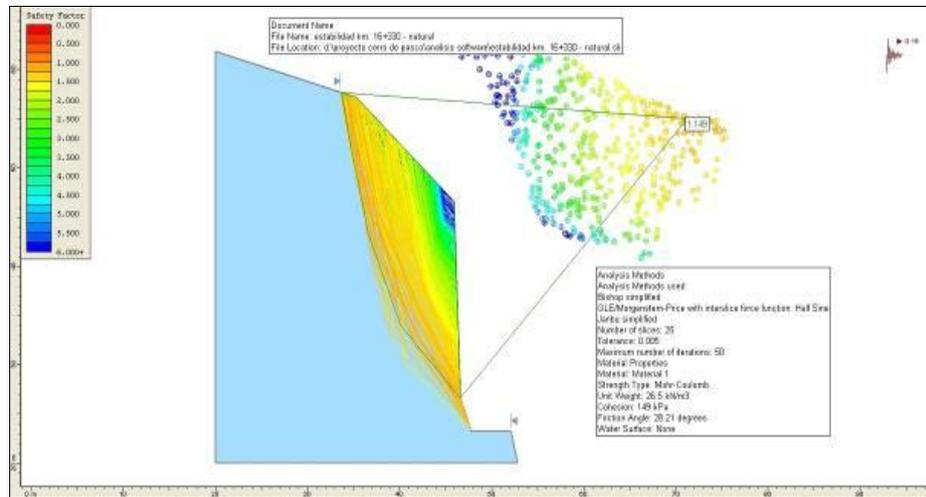
Para el análisis de estabilidad física de taludes rocosos se han elaborado con el software SLIDE v.5 de Rocscience.

El software SLIDE ha utilizado los métodos siguientes:

- Método simplificado de Bishop: Asume que todas las fuerzas laterales de corte entre dovelas son nulos.
- Método de Janbu: Asume que las fuerzas interdovelas son nulas, sin embargo presenta un factor de corrección  $f_s=0$ . Es de aplicación a líneas cualquiera.
- El tipo de superficie utilizada fue: no circular, Coeficiente sísmico: 0.15 g

- ✓ **Análisis de Estabilidad de Taludes Rocosos – Km. 50+100 - Software SLIDE V. 5**

Talud Km. 50+100, 25 metros de altura máxima de corte en secuencias de calizas competentes (Rb N30°E - Bz. 10°NW) Grupo Pucará. Los valores de cohesión y fricción fueron obtenidos del

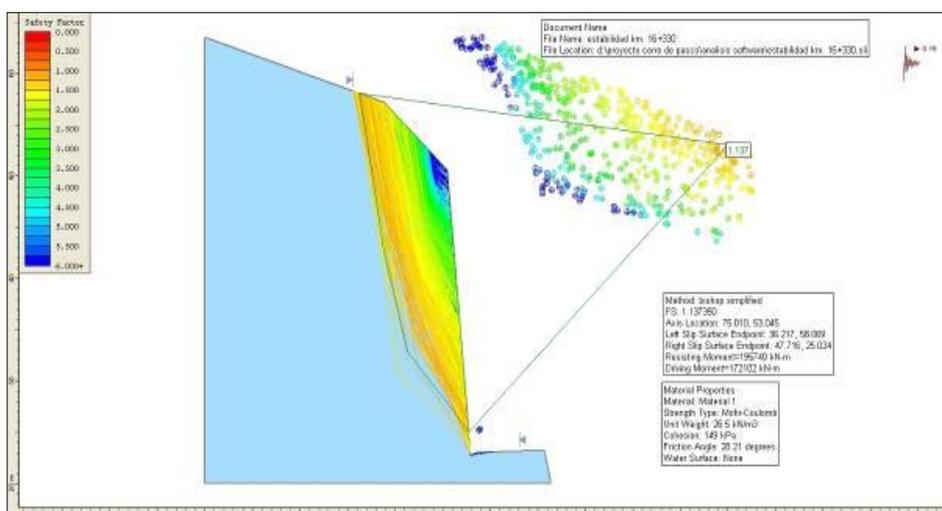


ensayo por golpe de martillo de geólogo. El talud de corte recomendado es de **1:10 (H:V)**.

### **ANÁLISIS DEL TALUD NATURAL – PSUEDOESTÁTICO**

Análisis Psuedoestático: F.S = 1.149

El análisis del talud muestra que en el estado actual la virtual superficie de falla más desfavorable con la presencia de un sismo



tiene un factor de seguridad (FS) = 1.149, por lo cual no se prevé el colapso al estado natural esto se puede corroborar en campo por la

ausencia de incidios de derrumbes y/o deslizamientos que afecten a este sector.

## **ANÁLISIS DEL TALUD CON EL CORTE RECOMENDADO**

### **1H: 10V – Psuedoestático**

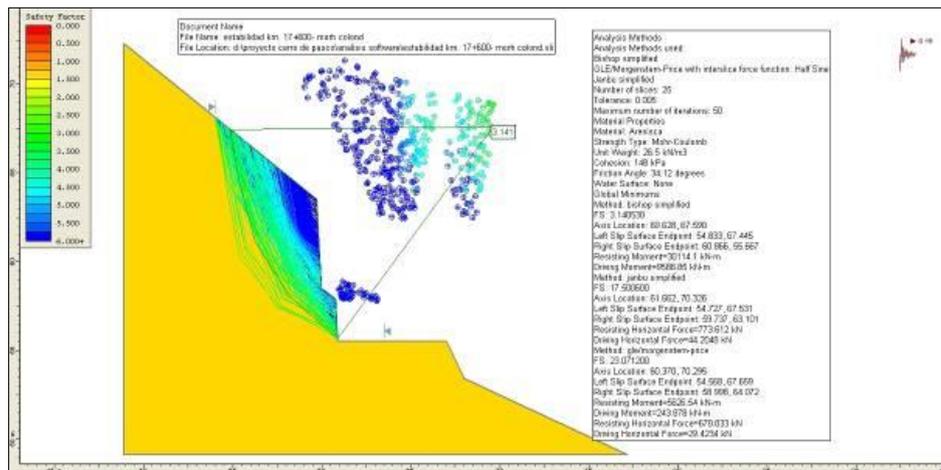
Análisis Psuedoestático: F.S = 1.137

El análisis del talud intervenido muestra que la virtual superficie de falla más desfavorable con la presencia de un sismo tiene un factor de seguridad (FS) = 1.137, por lo cual no se prevé el colapso del talud con el corte recomendado.

### ✓ **ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES ROCOSOS**

#### **– Km. 52+400 - Software SLIDE V. 5**

Talud Km. 52+400, 10 metros de altura máxima de corte en secuencias de areniscas competentes pardas clara (Rb N30°E - Bz. 30°NW) Grupo Mitu. Los valores de cohesión y fricción fueron obtenidos por numero de golpes de martillo de geologo. El talud de



corte recomendado es de 1:8 (H:V).



## **MANEJO FÍSICO DE LOS TALUDES**

En esta sección se darán algunas recomendaciones sobre el proceso de Voladura de Rocas y Procesos de Excavación, con la finalidad de evitar el sobre fracturamiento de los taludes rocosos, así mismo para evitar la activación de erosión en taludes de suelos que actualmente se presentes estables.

## **VOLADURA DE ROCAS Y PROCESOS DE EXCAVACIÓN**

En la carretera se han observado materiales rocosos, constituidos por estratos de lutitas areniscas, calizas y conglomerados. Las areniscas, la caliza y conglomerado se clasifican como rocas fijas, estas roca tienen densidad aparente de 2,000 a 2,800 kg/m<sup>3</sup>, dureza de 27 a 31, tenacidad de 1,8 a 1,9 y coeficiente de expansión de 2.0, no se evidencia presencia de agua.

Para la voladura de estas rocas se recomienda usar carga compartida, de dinamita de 45% de ANFO y espacios libres (arena) con barrenos de 6 pies de largo (1.80 m) y diámetro de 1 ½ pulgada, en posición sub-vertical. Esta recomendación no es restrictiva, en cada caso el ejecutor de la obra deberá evaluar las características particulares (fracturamiento, dirección de las capas y alteración), del tramo a realizar las voladuras y determinará de acuerdo a su experiencia la combinación y método más adecuado.

Aquellos materiales que no requieran del uso de explosivos, constituyen el material común que puede ser excavado y retirado con equipo pesado convencional, sea tractores sobre oruga (incluido

Ripper para el desgarro que necesariamente se tiene que efectuar) de potencia mínima 300 HP, y/o excavadoras hidráulicas de 220 HP mínimo cuando se corte taludes donde por el ancho de corte el tractor no pueda maniobrar, pues la constitución y estructura de estos materiales comunes muestran estar disgregados en fragmento o se encuentren sueltos.

***EL PROCESO DE EXCAVACIÓN DEBERÁ SEGUIR COMO MÍNIMO EL SIGUIENTE PROCESO:***

- Previo al inicio de las excavaciones, se deberá retirar la cobertura vegetal (Top Soil) existente y reservarlo en los lugares apropiados.
- Posteriormente, se procederá con la excavación utilizando los equipos designados (tractores sobre orugas con Ripper y/o excavadoras hidráulicas), hasta que estos no puedan retirarlo, dejando expuestos en consecuencia, la superficie del lecho rocoso.
- Si todavía no se ha llegado hasta los límites de la caja de la sección proyectada, que constituye el límite de la excavación, se procederá a realizar las perforaciones y el disparo de la superficie expuesta, hasta alcanzar dichos límites.

***ASPECTOS A TENER EN CUENTA:***

- El trabajo se realiza arrancando el material y cargando en una sola maniobra con un giro de 90° o menor si es posible.

- Un camión debe esperar mientras carga otro, ya que el costo de la excavadora es del orden de al menos dos veces el de un camión.
- La excavación se realizará en uno o varios bancos de 2 m. de profundidad aproximadamente, dependiendo de la altura y estabilidad de los mismos y de la superficie de la planta.
- Los taludes se dejan con su perfil aproximado y si las características lo permiten, ya terminado. De no ser así, se reperfilarán.
- Mantener la zona en óptimas condiciones de drenaje. Para ello las plataformas de trabajo tendrán pendientes del orden del 4%, evitando erosiones en los taludes, desviando y conduciendo las aguas que puedan incidir sobre los taludes y perfilando las cunetas.
- Durante toda la ejecución de las tareas, controlar la estabilidad de los taludes y la aparición de grietas indeseables o materiales de calidad inferior a la esperada en orden a su tratamiento específico.
- Se irán determinando las características del material extraído para establecer su uso en otras partes de la obra si fuese conveniente.
- La tierra vegetal, que no se haya extraído en el desbroce, se acopiará aparte para su posterior uso, cuidando que en el

transcurso del tiempo no se estropee por falta de aireación o drenaje.

- Antes de cargar el material para su inmediata utilización, medir la humedad u corregirla llevándola a los niveles requeridos.
- No se recomienda efectuar excavación por socavación y desplome.
- Previo a la ejecución de los trabajos, obtener los permisos correspondientes al vertido de los productos sobrantes a vertedero autorizado.
- Para realizar el replanteo con berma intermedia, indicando en la estaca superior la diferencia de cotas entre ella y la berma, y una vez alcanzada, utilizar la estaca de borde como nueva estaca de cabeza de desmonte.
- Evitar arreglos que siempre son costosos. La comprobación de taludes debe hacerse lo antes posible. Para ello, se comprobará cada 40 m. que las irregularidades del terreno sean menores de  $1/50$  de la diferencia de cota entre cabeza de desmonte y pié de talud.
- Para los movimientos de tierra, el agua es un factor muy importante a considerar. Deberá canalizar las aguas superficiales alejándolas de las explanaciones. Y, por el contrario, si pierde humectación, debe estar siempre atento para regar si así se requiere.

## **ANÁLISIS DE SECTORES AFECTADOS CON PROBLEMAS GEODINÁMICOS**

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.

La interpretación geológica – geotécnica a lo largo de la vía se ha efectuado mediante inspecciones de campo, trabajos de gabinete y con la ayuda de las prospecciones realizadas en el presente estudio; así mismo cabe mencionar que la mayoría de los fenómenos que afectan estos sectores permanecen inactivos en la época de sequía (abril-setiembre), activándose en los meses de lluvia (octubre-marzo) e igualmente ante la presencia de eventos de lluvias extraordinarios en donde se acrecienta de manera anormal estos fenómenos geodinámicos, dado que la mayoría de ellos esta asociados a problemas hidrológicos.

## **ANÁLISIS DE SECTORES AFECTADOS CON PROBLEMAS GEODINÁMICOS**

En la sección de Geodinámica se realizó la evaluación del nivel de riesgo de cada sector inventariado.

### **SECTORES AFECTADOS CON PROBLEMAS GEODINÁMICOS DE NIVEL DE RIESGO MEDIANO**

Estos sectores se caracterizan por presentar superficies de erosión o deslizamiento que deterioran la infraestructura vial, se incrementan más en la época de lluvia (subida del nivel del cauce de los ríos y quebradas) y en eventos de fuertes precipitaciones; pueden obstaculizar parte de la vía por periodos cortos. Se tratan en su mayoría de deslizamientos superficiales que afectan el talud superior, que al colapsar cubren parte de la plataforma; fenómenos de erosión fluvial progresiva del talud inferior por las aguas de los ríos y quebradas.

#### **4.3 PRUEBA DE HIPOTEISIS**

La presente investigación su desarrollo de comprende aspectos de interpretación geológica su desarrollo es descriptivo, analítico, evaluativo y explicativo; se establecerá el grado de relación directa entre sus variables y sus resultados. Se analizarán los resultados para poder evaluarlos y explicarlos. Por lo que las pruebas de hipótesis se plantean por el cumplimiento de los objetivos, teniendo en cuenta la discusión de resultados, de la siguiente manera:

#### **OBJETIVOS GENERALES**

**Realizar el estudio para determinar** las características geotécnicas de los suelos y rocas en el mejoramiento de la de la Carretera Palca - Tapo - Ricran - Yauli – Jauja, Región Junin.y por consiguiente permitir el **acceso** a los mercados de consumo y servicios básicos de la población de los distritos de Ricran, Tapo.

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, se plantea el mejoramiento de puentes, pontones, alcantarillas y badenes de concreto, muros secos, cunetas, estabilización de taludes, señalización preventiva e informativa. Contempla el mejoramiento de 69+000 km de carretera vecinal.

La secuencia geológica de esta zona está constituida por rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas y depósitos cuaternarios generalmente estables.

#### **OBJETIVOS ESPECIFICOS 1:**

Analizar la influencia de las características geotécnicas en el mejoramiento de la carretera.

Se alcanzo el objetivo especifico 1 logrando caracterizar la influencia geotécnica con tres estaciones geomecanicas realizadas:

**ESTACIÓN GEOMECÁNICA EGM-01 (Km. 8+200):** taludes rocosos de 25 metros de altura máxima en secuencias de lutitas y areniscas foliadas duras grises en paquetes de 10 cm. a 60 cm. Dirección de

foliación 30°, buzamiento 60°NW en promedio. Presencia de 2 familias principales de fracturamiento con tendencia a la verticalidad.

**ESTACIÓN GEOMECÁNICA EGM -02 (Km.50+100):** taludes rocosos de 25 metros de altura máxima en secuencias de calizas muy duras grises en paquetes de 15 cm. a 60 cm. Dirección de la estratificación 60°, buzamiento 60°NW en promedio. Presencia de 2 familias principales de fracturamiento con tendencia a la verticalidad. El sector se presenta encañonado con taludes casi verticales.

**ESTACIÓN GEOMECÁNICA EGM -03 (52+400):** taludes rocosos de 8 a 10 metros de altura máxima en secuencias de areniscas pardas claras en paquetes de 30 cm. a 80 cm. Dirección de la estratificación 300°, buzamiento 30°NW en promedio. Presencia de 2 familias principales de fracturamiento.

#### **ESTACIÓN GEOMECANICA EGM - 03**

El análisis de las discontinuidades del macizo rocoso en la Estación Geomecánica **EGM-003** utilizando las técnicas de proyección estereográfica, se obtuvo como resultado la presencia de dos familias, 1ra Familia Rumbo N330 Buzamiento 70°NE, 2da familia Rumbo N280 Buzamiento 85°SE y la estratificación Rumbo N

#### **OBJETIVOS ESPECIFICOS 2:**

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

#### **ESTEREOGRAMA DE LAS DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO Km. 8+200**

El análisis de las discontinuidades del macizo rocoso en la Estación Geomecánica **EGM-001** utilizando las técnicas de proyección estereográfica, se obtuvo como resultado la presencia de dos familias, 1ra Familia Rumbo 340 Buzamiento 85°NE, 2da familia Rumbo 240 Buzamiento 85°SE y la foliación Rumbo 30° Buzamiento 60°NW, se considera una zona semi estable, con caída de cuñas hacia la vía.

- **Para taludes:  $RMR = 56 - 0 = 56$**

Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para taludes como: Clase III o Media.

- **Para cimentaciones:  $RMR = 56 - 0 = 56$**

Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para cimentaciones como: Clase III o Media.

### **ESTEREOGRAMA DE LAS DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO Km. 50+100**

El análisis de las discontinuidades del macizo rocoso en la Estación Geomecánica **EGM-002** utilizando las técnicas de proyección estereográfica, se obtuvo como resultado la presencia de dos familias, 1ra Familia Rumbo N340 Buzamiento 85°NE, 2da familia Rumbo N240 Buzamiento 85°SE y la estratificación Rumbo N 30° Buzamiento 10°NW, se considera una zona estable.

- **Corrección por orientación de las discontinuidades:** Las direcciones y buzamientos de las discontinuidades son muy favorables (-0).

- **Para taludes:  $RMR = 62 - 0 = 62$**

Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para taludes como: Clase II o Buena.

- **Para cimentaciones:  $RMR = 62 - 0 = 62$**

Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para cimentaciones como: Clase II o Buena.

### **ESTEREOGRAMA DE LAS DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO Km. 52+400**

El análisis de las discontinuidades del macizo rocoso en la Estación Geomecánica **EGM-003** utilizando las técnicas de proyección estereográfica, se obtuvo como resultado la presencia de dos familias, 1ra Familia Rumbo N330 Buzamiento 70°NE, 2da familia Rumbo N280 Buzamiento 85°SE y la estratificación Rumbo N

- **Corrección por orientación de las discontinuidades:** Las direcciones y buzamientos de las discontinuidades favorables (-5).
- **Para taludes:  $RMR = 71 - 5 = 66$**

Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para taludes como: Clase II o Buena.

- **Para cimentaciones:  $RMR = 71 - 2 = 69$**

Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para cimentaciones como: Clase II o Buena.

## CONCLUSIONES

- ∇ La geología está dominada por areniscas y lutitas de la Formación Concepción y calizas y areniscas de la Formación Chambara, hasta materiales cuaternarios aluviales..
- ∇ El área de estudio se encuentra controlada morfoestructuralmente por la Cordillera Oriental de los Andes del Norte y su prolongación oriental denominada Faja Subandina
- ∇ En la zona de estudio existen **Fallas Longitudinales:**  
Existen 7 fallas que atraviesan el eje de la carretera en las siguientes progresivas:  
17+300, 17+620, 19+480, 45+820, 43+760, 64+390 y 64+500.
- ∇ El eje de la carretera se han dividido en cinco sectores geotécnicos
  - ∇ Sub-Tramo Z-1 (km. 0+000 al km. 7+540) (km 22+380 al km 27+020) (3 km 2+780 al km 32+960) (km 35+120 al km 35+160) ( km 41+260 al km 43+340) (km 43+760 al km 43+780) ( km 44+240 al km 44+380) con afloramientos de areniscas y lutitas, conformado por Bolos en un 5%, Gravas 20%, Arenas 50%, limos y arcillas 15%. Es una zona relativamente estable.
  - ∇ Sub-Tramo Z-2: (km. 7+540 al km. 22+380) (( km 68+020 al ( km 68+520)  
  
Desde el km 7+540, se caracteriza por presentar depósitos residuales alterados por afloramientos de areniscas y lutitas de la Formación Concepción muy alteradas.

- ▽ Sub-Tramo Z-3 (km. 27+020 al km. 32+780) (( km 43+340 al km 43+760) ( km 45+820 al km 47+920) ( km 48+760 al km 52+180) (km 53+080 al km 53+480), conformada generalmente por calizas pertenecientes al grupo Pucara alternadas con depósitos coluviales.
- ▽ Sub-Tramo Z-4 (km. 32+960 al km. 35+120) (km 35+160 al km 41+260) (km 47+920 al km 48+760) (km 52+180 al km 53+080) (km 53+480 al km 55+360) (km 64+500 al km 68+020) Mitu, conformada generalmente por afloramientos de areniscas, conglomerados del grupo Mitu alternadas con depósitos residuales y coluviales.
- ▽ Sub-Tramo Z-5 (km. 43+780 al km. 44+240) (km 44+380 al km 45+820)  
están conformados por depósitos residuales y afloramientos de estratos de grupo Tarma.

## RECOMENDACIONES

- ∇ Para los suelos limo arcillosos y dispersos, los suelos necesitan un tratamiento especial para aumentar su capacidad admisible ya sea con cal u otro químico estabilizante o en todo caso es necesario realizar la remoción del suelo.
- ∇ Se debe mantener la proporción adecuada de la inclinación del talud al realizar los cortes.
- ∇ Efectuar un adecuado drenaje en las zonas identificadas.
- ∇ Los materiales de las canteras de agregados de río deben ser empleados luego de realizar el proceso de selección adecuada.
- ∇ Cumplir las normas de construcción de botaderos para minimizar el efecto negativo al Ambiente.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- 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.
- 2.- Dr. Jorge Alva Hurtado, Ing. Mariella Geovanna Cañarí Sánchez,  
“Análisis de la  
Estabilidad de Taludes de la Costa Verde”, Artículo de Investigación,  
Perú.
- 3.- Guillen Martínez Carlos Eduardo, “Estabilización De Taludes En Los  
Departamentos De Guatemala Y Alta Verapaz, Casos Reales”, Tesis  
para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de San Carlos de  
Guatemala.
- 4.- Torres Chung Cesar Roberto, “Valorización del Riesgo en  
Deslizamientos”, Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil,  
Universidad Ricardo Palma, Lima – Perú.
- 5.- Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Dirección General de  
Caminos,  
‘Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de  
Carreteras -2000
- 6.- Braja M. Das, “Principios de Ingeniería de Cimentaciones”, Quinta  
Edición, México D.F.: Editorial Thomson 2006.

- 7.- Crespo Villalaz, Carlos. "Mecánica de suelos y cimentaciones", 4da. Ed. México D.F.: Editorial Limusa. 1995.
- 8.- Rico Rodríguez, Alfonso. "La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres 1 : Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas". Mexico: Limusa, 2008.
- 9.- John Soto, J. R. (2011). *Cybertesis*. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/bmfcij.65p/doc/bmfcij.65p.pdf>
- 10.- 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](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/evaluacion_rh_superficiales_rio_mantaro_0.pdf)
- 11.- 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](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4572/1/TESIS.pdf)
- Ingeniero Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala.