



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA  
CONSTRUCCIÓN

*“DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CARRETERA  
CAHUAJI - EMPATE CON LA CARRETERA  
AMBATO - BAÑOS”*

CÉSAR STALIN CHILUISA AMAGUAYA

SANGOLQUI – ECUADOR

2 0 0 9



# ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



## **CERTIFICADO**

ING. MILTON TORRES ESPINOZA

ING. PATRICIO ROMERO FLORES

## **CERTIFICAN**

Que la Tesis de Grado, previa a la obtención del título de Ingeniero Civil, denominada: "DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CARRETERA CAHUAJI – EMPATE CON LA CARRETERA AMBATO - BAÑOS"; fue ejecutada por el señor egresado de la facultad de ingeniería civil, César Stalin Chiluisa Amaguaya, bajo nuestra dirección.

ING. Milton Torres Espinoza  
**DIRECTOR DE TESIS**

ING. Patricio Romero Flores  
**CODIRECTOR DE TESIS**

## AGRADECIMIENTOS

---

---

*Al término de este trabajo deseo agradecer a mis compañeros y personas profesionales que, de una o de otra manera, contribuyeron para que este tenga su fisonomía definitiva.*

*En primer lugar al Ing. Milton Torres, mi director, quien supo dirigir y brindarme su amistad en el transcurso del desarrollo del presente trabajo.*

*A mis compañeros que cursan los niveles medios y superiores que me colaboraron para la obtención de muestras en el campo y los respectivos ensayos realizados en el laboratorio de suelos de la ESPE.*

*Al Ing. Hugo Bonifaz encargado del laboratorio de suelos de la Escuela Politécnica del Ejército por las facilidades prestadas para la ejecución de los ensayos de laboratorio.*

*César Stalin Chiluisa Amaguaya*

---

---

## DEDICATORIA

---

---

*Amados Padres me encuentro muy contento al dedicarles este éxito, gracias por haberme formado con buenos principios, su amor y ternura fueron la fuerza que necesitaba para culminar mi carrera.*

*Para mis dos hermanos Nelsito y Paty, que con su honestidad y respeto fueron valores primordiales que complementaron mi formación personal.*

*Dedico a mi Tío Lucho quien ya no está aquí, recuerdo la nobleza de sus palabras, quien compartía nuestras alegrías y momentos no gratos.*

*A mis amigos que llegue a conocer en el transcurso de mi vida universitaria y me brindaron su amistad y cariño, les dejo un pensamiento.*

*”Únete solo a personas limpias de mente, corazón y cuerpo; todos juntos constituiremos una fuerza poderosa que hará de nuestro mundo un lugar maravilloso”*

*César Stalin Chiluisa Amaguaya*

---

---

**“DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CARRETERA CAHUAJI – EMPATE CON LA  
CARRETERA AMBATO – BAÑOS”**

**ÍNDICE**

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| <b>CAPITULO 1.- INTRODUCCION</b>                                | <b>1</b>      |
| 1.1.- ANTECEDENTES  |               |
| 1.2.- OBJETIVO DEL PROYECTO DE TESIS.                           |               |
| 1.3.- DATOS DEL PROYECTO  |               |
| 1.4.- DESCRIPCIÓN DE LA VIA                                     |               |
| 1.5.- UBICACIÓN GENERAL   |               |
| 1.6.- ESTUDIO DE TRÁFICO VEHICULAR REALIZADO POR EL MTOP        |               |
| 1.6.1.- INFORMACIÓN PORPORCIONADA                               |               |
| 1.6.2.- TABLA DE MOTIVOS DE VIAJE                               |               |
| 1.6.3.- ASIGNACION DE TRÁFICO AL PROYECTO                       |               |
| 1.6.4.- PROYECCIONES DEL TPDA ASIGNADO                          |               |
| <br>  |               |
| <b>CAPITULO 2.- DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS</b>      | <b>10</b>     |
| 2.1.- TRABAJOS DE CAMPO.  |               |
| 2.2.- ESTUDIO DE SUELOS.  |               |
| 2.3.- ENSAYO DE PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO (DCP)             |               |
| 2.4.- TRABAJOS DE LABORATORIO.                                  |               |
| <br>  |               |
| <b>CAPITULO 3.- ANALISIS DE LA INFORMACION RECOLECTADA</b>      | <b>17</b>     |
| 3.1.- GEOLOGÍA REGIONAL   |               |
| 3.2.- GEOMORFOLOGÍA   |               |
| 3.3.- ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS                                    |               |
| <br>  |               |
| <b>CAPITULO 4.- ASPECTOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS DEL TRAZADO</b> | <b>24</b>     |
| 4.1.- DESCRIPCIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DEL PROYECTO.            |               |
| ➤ Volcánicos del Tungurahua (PT').-                             |               |
| Abscisas: 0+000 - 0+200   |               |

- Aluviales de cauce (Qal).-  
Abscisas: 0+200 - 0+245.
- Depósitos coluviales (Qc).-  
Abscisas: 0+245 - 1 +000.
- Formación Pisayambo (Plp)  
Abscisas: 1+000 - 10+800.
- Cangagua (Pc).-  
Abscisas: 10+800 - 13+650.
- Volcánico del Igualata (Pli).-  
Abscisas: 13+650 - 25+110.

#### 4.2.- PROCESOS GEODINAMICOS

#### 4.3.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS.-

##### 4.3.1.- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

#### 4.4.- EVALUACIÓN DE MATERIALES A SER EXCAVADOS

##### 4.4.1.- CLASIFICACIÓN DE CATEGORÍAS DE EXCAVACIÓN.

- Materiales de Primera Categoría.- (Suelo)
- Materiales de Segunda Categoría.- (Marginal)
- Materiales de Tercera Categoría.- (Roca)

##### 4.4.2.- PORCENTAJES ESTIMADOS DE MATERIALES CON FINES DE EXCAVACIÓN.-

#### 4.5.- ESTUDIO GEOLÓGICO DE TALUDES

##### 4.5.1.- TALUDES TÍPICOS PARA CORTES

#### 4.6.- TALUDES TÍPICOS PARA RELLENOS

#### 4.7.- ESTABILIDAD DE TALUDES.

#### 4.8.- PREDISEÑO DEL DRENAJE.

#### 4.9.- OBRAS DE ARTE MAYOR

- Río Chambo (0+190 - 0+250)
- Qda. Santo Domingo (7+660 - 7+720)

#### 4.10.- CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS DE LA VIA.

#### 4.11.- DISEÑO DEL PAVIMENTO.

##### 4.11.1.- Parámetros de Diseño.

- a.- Determinación del Número de Pasadas del Eje Equivalente de 8.2t
- b.- Capacidad de carga de la subrasante.
- c.- Módulo de resiliencia

#### 4.12.- FUENTES DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

- FUENTE No 1: MINA CAHUAJI.
- FUENTE No 2: MINA SANTO DOMINGO.
- FUENTE No 3: MINA CHAZO.
- FUENTE No 4: CANTERAS NIETO.

#### 4.13.- ESTUDIO DE ESTABILIZACION DE SUELOS

#### 4.14.- PROCEDIMIENTO DE ESTABILIDAD UTILIZADOS

- Estabilización Mecánico.
- Estabilización Química.

#### 4.15.- CRITERIOS DE DISEÑO.

#### 4.16.- ALTERNATIVAS DE DISEÑO.

### **CAPITULO 5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

**62**

### **ANEXOS**

### **BILIOGRAFIA**

**“DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CARRETERA CAHUAJI – EMPATE CON LA  
CARRETERA AMBATO – BAÑOS”**

### **CAPITULO 1.- INTRODUCCION**

#### **1.1.- ANTECEDENTES**

Debido a que las continuas erupciones del volcán Tungurahua, han afectado seriamente la carretera Riobamba - Baños (Foto No 1), lo cual ha dejado de prestar servicio a los diversos usuarios que viven y transitaban por esta vía (Foto No 2), el MTOP decidió realizar el diseño de una vía siguiendo el flanco izquierdo del río Chambo, que reemplace a la carretera destruida que inicia en Cahuají y finaliza empatando con la carretera Ambato – Baños en el sector del Chaupi con una longitud aproximada de 25+110 km. Ubicada en la Provincia de Chimborazo y Tungurahua.



FOTO No 1: Erupción del Volcán Tungurahua del 16 y 17 de Agosto de 2006





FOTO No 2: Destrucción de la carretera Riobamba- Baños

## 1.2.- OBJETIVO DEL PROYECTO DE TESIS.

En vista a lo anterior se considera oportuno realizar un estudio geotécnico de esa carretera.

El objetivo principal fue el de realizar el estudio geotécnico como adiestramiento en mi formación profesional de mi carrera para el proyecto de tesis de grado.

Proporcionar al constructor, un panorama completo y sintético de la naturaleza del estado de las formaciones encontradas a lo largo de la carretera y consecuentemente señalar, las dificultades que podrán ser encontradas durante la ejecución de la obra.

Proponer soluciones adecuadas para la carretera

## 1.3.- DATOS DEL PROYECTO

|  | <b>EXISTENTES</b>   | <b>PROPUESTA</b>      |
|--|---------------------|-----------------------|
| <b>Longitud:</b>                       | 30 km               | 25.110 km             |
| <b>Tipo de vía:</b>                    | Camino vecinal      | Clase III             |
| <b>Tipo de terreno :</b>               | Montañoso           | Montañoso             |
| <b>Sección Transversal:</b>            | 1 calzadas de 5.00m | 2 calzadas de 3.65 m. |
| <b>Ancho de espaldones:</b>            | -                   | 1.00 m a cada lado    |
| <b>Gr espesor de capa de Rodadura:</b> | Grava               | Carpeta asfáltica     |
| <b>Puentes:</b>                        | -                   | 2                     |

## 1.4.- DESC

### RIPCIÓN DE LA VIA

El desastre generado por la erupción del volcán Tungurahua, ha causado severas alteraciones sobre el medio, afectando a la estructura socioeconómica en los

espacios geográficos de los flancos occidentales del volcán. Los cambios se dieron en forma drástica y en cuestión de horas modificaron el paisaje y causaron serias afectaciones a los recursos naturales por lo que no hay paso vehicular por dicha carretera dejando de prestar servicio a la comunidad como se puede observar en la Foto No 3



Foto No 3: destrucción de un puente localizado en el margen derecho del Volcán Tungurahua

De esta forma, el MTOP decidió diseñar una nueva vía de circulación que reemplace a la carretera destruida, que se localiza por el flanco izquierdo del valle del río Chambo, con inicio en el sector denominado Cahujá y empata a la carretera Ambato - Baños en el punto conocido con el nombre de El Chaupi; dando una longitud aproximada de 25+110 Km. Lo cual fue propicio para mi realizar el estudio Geotécnico como proyecto de tesis de grado.

A la zona del proyecto se puede ingresar tanto por la zona de la ciudad de Riobamba por la carretera: Riobamba - Penipe - Cahujá y por la carretera: Ambato - Baños hasta la población de Cotaló, existen varios caminos que permiten entrar al proyecto; desde Cotaló hacia la Qda. Santo Domingo hay únicamente un camino de verano que va en dirección a Cahujá. Mientras tanto del

km 3 hasta la Qda. Santo Domingo hay un camino angosto afectado por una serie de desprendimientos de material del talud de corte. Se puede observar en la Foto No 4 la carretera del proyecto se encuentra en el flanco izquierdo del Volcán Tungurahua.



Foto No 4: Localización de la nueva carretera como proyecto

### **1.5.- UBICACIÓN GENERAL**

El proyecto, se localiza en las provincias de Chimborazo y Tungurahua; al Sur - Este de Riobamba y al Sur de la ciudad de Ambato; y está enmarcado dentro de las siguientes coordenadas:

| Localizacion   | Latitud N | Longitud E | Altitud m.s.n.m |
|--|-----------|------------|-----------------|
| Inicio del proyecto: km 00+000<br>(Carretera Riobamba-Baños,<br>sector de Cahuají) | 9,833.55  | 776.042    | 2.348.62        |
| Fin del Proyecto 25+110:<br>(Carretera: Ambato-Baños,<br>sector el Chaupi)         | 9,849.21  | 776.85     | 2.357.81        |

En los anexos No 1 tenemos la localización regional y local de la carretera como proyecto de tesis.

## 1.6.- ESTUDIO DE TRÁFICO VEHICULAR REALIZADO POR EL MTOP

El estudio de tráfico fue realizado por el MTOP que sirvió de base primordial para la continuación de mi proyecto del estudio geotécnico, que cumplió los siguientes objetivos:

- Asignar los volúmenes actuales y futuros del tráfico vehicular al proyecto, clasificación por clase de vehículo y definir las características del tipo de vía requerido para la demanda de tráfico estimada para el período de vida útil del proyecto.

### 1.6.1.- INFORMACIÓN PORPORCIONADA

En el Cuadro siguiente se presenta los Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) para la estación.

| TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA) |         |       |        |               |        |        |      |
|--------------------------------------|---------|-------|--------|---------------|--------|--------|------|
|                                      | LIVIANO | BUS   | CAMIÓN | CAMIÓN PESADO |        |        | TPDA |
|                                      |         |       | 2 EJES | 3 EJES        | 5 EJES | 6 EJES |      |
| TPDA                                 | 3411    | 483   | 339    | 21            | 23     | 25     | 4305 |
| (%)                                  | 79,27   | 11,24 | 7,88   | 0,49          | 0,54   | 0,58   | 100  |

Fuente: Conteos Volumétricos.

El tipo de combustible que consume los diferentes tipos de vehículos, constan en el Cuadro siguiente:

#### TIPO DE COMBUSTIBLE

| COMBUSTIBLE<br>TIPO | LIVIANO |       | BUS |       | CAMION |       |
|---------------------|---------|-------|-----|-------|--------|-------|
|                     | No.     | %     | No. | %     | No.    | %     |
| EXTRA               | 726     | 76,26 | 9   | 6,12  | 4      | 3,96  |
| SUPER               | 204     | 21,43 | 0   | 0,00  | 0      | 0,00  |
| DIESEL              | 22      | 2,31  | 138 | 93,88 | 97     | 96,04 |
| OTROS               | 0       | 0,00  | 0   | 0,00  | 0      | 0     |
| <b>TOTAL</b>        | 952     | 100   | 147 | 100   | 101    | 100   |

Fuente: Encuestas de Origen y destino

Del cuadro antes indicado se observa que la gasolina Extra es la de mayor consumo por parte de los vehículos livianos, cuyos porcentajes de consumo son: **76.25 %**

En cambio el Diesel es utilizado por parte de los buses y camiones, en un porcentaje superior al **94 %**.

La gasolina Súper tiene un porcentaje bajo de consumo, esto se debe a su elevado precio y es utilizado generalmente por vehículos livianos nuevos, el porcentaje de consumo es de **21 %**.

De los Cuadros se observa que los buses están subutilizados, es decir que los viajes los realizan con menos pasajeros de la capacidad de las unidades; el índice de ocupación es de **77%**.

#### 1.6.2.- Tabla de Motivos de Viaje

Los motivos del viaje se clasificaron en: trabajo, recreación, estudios, compras-mercado, y otros, los resultados constan en el Cuadro siguiente:

#### MOTIVO DEL VIAJE

| VEHICULO |     | TRABAJO | RECREACION | ESTUDIOS | COMPRAS<br>CASA | OTROS | TOTAL |
|----------|-----|---------|------------|----------|-----------------|-------|-------|
| LIVIANO  | No. | 481     | 273        | 11       | 78              | 109   | 952   |
|          | %   | 50,53   | 28,68      | 1,16     | 8,19            | 11,45 | 100   |
| BUS      | No. | 139     | 4          | 1        | 1               | 2     | 147   |

|               |            |       |       |      |      |      |      |
|---------------|------------|-------|-------|------|------|------|------|
|               | %          | 94,56 | 2,72  | 0,68 | 0,68 | 1,36 | 100  |
| <b>CAMION</b> | <b>No.</b> | 89    | 5     | 1    | 2    | 4    | 101  |
|               | %          | 88,12 | 4,95  | 0,99 | 1,98 | 3,96 | 100  |
| <b>TOTAL</b>  |            | 709   | 282   | 13   | 81   | 115  | 1200 |
|               | %          | 59,08 | 23,50 | 1,08 | 6,75 | 9,58 | 100  |

De los resultados se concluye que el motivo de viaje más representativo es el trabajo, con el **59.0%**.

### 1.6.3.- ASIGNACION DE TRÁFICO AL PROYECTO

La técnica de la asignación de tráfico trata de valorar las intensidades de tráfico en una vía o un sistema vial, en función de sus características geométricas funcionales y del tráfico potencial que va a tener.

La asignación del tráfico vehicular al proyecto esta constituido por el Tráfico vehicular Desviado, el mismo que está haciendo el siguiente recorrido: Riobamba - Ambato - Baños, con una longitud aproximada de 92.0 Km. y que con la construcción del proyecto habilitará la ruta: Riobamba - Penipe - Variante Cahuají - Pillate - Cataló - Empate vía Ambato - Baños (pasando Pelileo) - Baños, con una longitud aproximada de 58.0 Km., obteniendo el usuario un gran ahorro en costo de operación vehicular y tiempo de viaje.

#### TPDA ASIGNADO AL PROYECTO

##### TIPO VEHÍCULO: TODOS

|             | LIVIANO | BUS   | CAMION | CAMION PESADO |        |        | TPDA |
|-------------|---------|-------|--------|---------------|--------|--------|------|
|             |         |       | 2 Ejes | 3 Ejes        | 5 Ejes | 6 Ejes |      |
| <b>TPDA</b> | 321     | 48    | 38     | 2             | 3      | 3      | 415  |
| <b>(%)</b>  | 77,35   | 11,57 | 9,16   | 0,48          | 0,72   | 0,72   | 100  |

### 1.6.4.- PROYECCIONES DEL TPDA ASIGNADO

La expresión matemática que se utilizaron para las proyecciones del tráfico promedio diario anual, es la siguiente:

$$TPDA_t = TPDA_0 \cdot x(1 + \alpha)^t$$

Donde:

TPDA<sub>f</sub>: tráfico promedio diario futuro

α: tasa de crecimiento del parque automotor.

t: año de la proyección respecto al año base.

TPDA<sub>0</sub>: tráfico promedio diario anual actual.

Las tasas anuales de crecimiento son las del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, las mismas que se presenta a continuación:

**TASAS DECRECIMIENTO DEL TRAFICO (%)**

| PERIODO   | VEHICULO |      |        |
|-----------|----------|------|--------|
|           | LIVIANO  | BUS  | CAMION |
| 2005-2010 | 4,49     | 2,12 | 3,41   |
| 2010-2015 | 3,99     | 1,89 | 3,03   |
| 2015-2020 | 3,6      | 1,7  | 2,72   |
| 2020-2030 | 3,27     | 1,54 | 2,48   |

FUENTE: MTOP

El MTOP realizó el tráfico asignado al proyecto, para un período de 20 años. La proyección se indica a continuación.

**PROYECCION DEL TPDA ASIGNADO**

| AÑO  | LIVIANO | BUS | CAMIONES |        |        |        | TPDA |
|------|---------|-----|----------|--------|--------|--------|------|
|      |         |     | 2 EJES   | 3 EJES | 5 EJES | 6 EJES |      |
| 2008 | 321     | 48  | 38       | 2      | 3      | 3      | 415  |
| 2009 | 335     | 49  | 39       | 2      | 3      | 3      | 432  |
| 2010 | 349     | 50  | 40       | 2      | 3      | 3      | 448  |
| 2011 | 363     | 51  | 42       | 2      | 3      | 3      | 464  |
| 2012 | 377     | 52  | 43       | 2      | 3      | 3      | 481  |
| 2013 | 392     | 53  | 44       | 2      | 3      | 3      | 499  |
| 2014 | 408     | 54  | 46       | 2      | 4      | 4      | 517  |
| 2015 | 424     | 55  | 47       | 2      | 4      | 4      | 536  |
| 2016 | 439     | 56  | 48       | 3      | 4      | 4      | 554  |
| 2017 | 455     | 57  | 50       | 3      | 4      | 4      | 572  |
| 2018 | 472     | 58  | 51       | 3      | 4      | 4      | 591  |
| 2019 | 489     | 59  | 52       | 3      | 4      | 4      | 611  |
| 2020 | 506     | 60  | 54       | 3      | 4      | 4      | 631  |
| 2021 | 523     | 61  | 55       | 3      | 4      | 4      | 650  |
| 2022 | 540     | 62  | 56       | 3      | 4      | 4      | 670  |
| 2023 | 558     | 62  | 58       | 3      | 5      | 5      | 690  |
| 2024 | 576     | 63  | 59       | 3      | 5      | 5      | 711  |
| 2025 | 595     | 64  | 61       | 3      | 5      | 5      | 733  |
| 2026 | 614     | 65  | 62       | 3      | 5      | 5      | 755  |
| 2027 | 634     | 66  | 64       | 3      | 5      | 5      | 778  |
| 2028 | 655     | 67  | 65       | 3      | 5      | 5      | 801  |

|      |     |    |    |   |   |   |     |
|------|-----|----|----|---|---|---|-----|
| 2029 | 676 | 68 | 67 | 4 | 5 | 5 | 826 |
|------|-----|----|----|---|---|---|-----|

## **CAPITULO 2.- DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS**

En base a la recopilación y análisis de la documentación disponible por el Ing. Geólogo Luis Jarrin, para el estudio geológico y de geotécnica se obtuvo la siguiente información.



Reconocimiento de campo, que comprende de manera especial la identificación de las diferentes formaciones geológicas que sirven de base para la caracterización geológico-geotécnica del trazado

Levantamiento geológico preliminar de los sitios de implantación de las futuras obras de arte mayor, determinación de áreas inestables, inventario de fuentes de materiales de construcción e inventario de taludes de corte presentes a lo largo de la carretera.

Elaboración de la cartografía geológica a lo largo del proyecto en estudio, laminas descriptivas de geología a lo largo del proyecto en estudio, laminas descriptivas de geología de los cruces de puentes, tanto en planta como en perfil, así también croquis de ubicación de las posibles fuentes de materiales de construcción; cuadros de recomendaciones para taludes de corte y relleno.

Redacción de la memoria técnica

## **2.1.- TRABAJOS DE CAMPO.**

Los trabajos de campo correspondiente a mi proyecto de tesis, permitió la identificación geomorfológica y materiales de construcción.

## **2.2.- ESTUDIO DE SUELOS.**

Gracias a la colaboración de los estudiantes de ingeniería civil que cursan niveles superiores se realizaron los ensayos de DCP cada 500 metros así mismo un muestreo de 2 kg cada 50 centímetros hasta una profundidad de 1.5 metros para realizar ensayos de clasificación, una vez identificadas las formaciones

geológicas, se tomo una muestra de 50 kg cada 5 km para realizar ensayos de estabilización mecánica, CBR y estabilización química, los ensayos realizados en el campo se puede observar en las Fotos No 5, 6 y 7



Foto No 5: Abscisa 0+500 Ensayo de DCP



Foto No 6: Abscisa 2+500 En forma manual con la ayuda de una cuchara se obtuvieron las muestras de 2 kg cada 50cm para realizar los ensayos de clasificación.



Foto No 7: Abscisa 3+500 Se trata de llegar a una profundidad de 1.5 m, en cada pozo.

### 2.3.-

El DCP es un dispositivo utilizado para evaluar la resistencia in-situ de suelos inalterados o de materiales compactados. El ensayo consiste en dirigir la punta del DCP dentro del suelo, levantando el martillo deslizante hasta la manija y

soltándolo para que caiga libremente hasta golpear el yunque. Ver figura a, b, c y d



a)

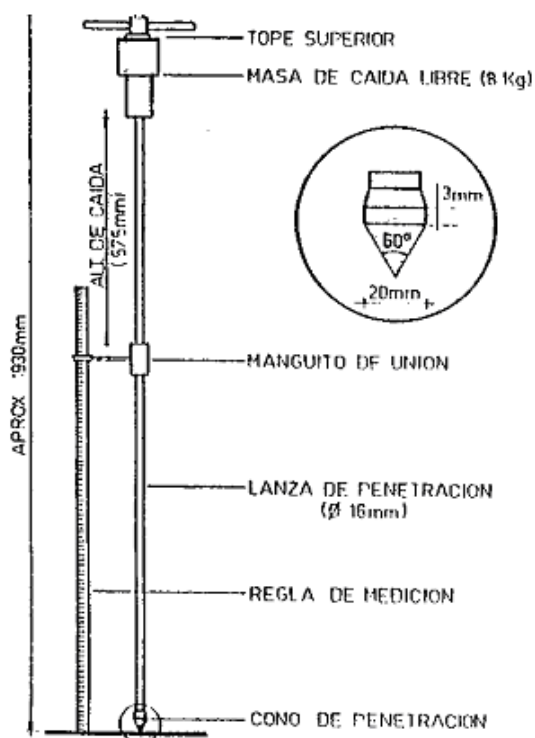


b)



d)

La penetración total para un determinado número de golpes es medida y registrada en términos de milímetros por golpes, valor que es utilizado para describir la rigidez, para estimar una resistencia CBR in-situ a través de una correlación apropiada o para establecer otras características del material.



Esquema del Penetrómetro de Cono Dinámico  
Fotografía del equipo durante el ensayo

El instrumento es típicamente empleado para evaluar propiedades de los materiales a una profundidad hasta de 1000 milímetros bajo la superficie. La profundidad de penetración puede ser incrementada utilizando extensiones en la varilla inferior, sin embargo, si se emplean extensiones en la varilla inferior, se debe tener

cuidado cuando se emplean las correlaciones para estimar otros parámetros, puesto que dichas correlaciones son solamente apropiadas para una configuración específica del DCP. Una medida de campo de DCP, da como resultado un CBR de campo y normalmente no correlaciona satisfactoriamente con el CBR del laboratorio o el CBR sumergido sobre el mismo material. Este ensayo debe interpretarse, entonces, como evaluador de la resistencia in-situ de la materia y bajo las condiciones existentes en el terreno en el instante de la prueba.

La penetración por golpe puede ser dibujada, relacionándola con la profundidad. Si existen diferentes capas en el material ensayado, se observa un cambio en al pendiente de la grafica que relaciona el numero de golpes con la penetración. La interfaz exacta es difícil de definir porque, en general, siempre existe una zona de transición entre capas. El espesor de la capa puede ser definida por la intersección de las líneas que representan la pendiente promedio de capas adyacentes. Una vez que los espesores de capas han sido definidos, se calcula la rata de penetración promedio por capa.

El proyecto se ha realizado en base a ensayos de DCP y tomando como ejemplo un dato de la abscisa km 0+000tenemos lo siguiente.

$$\text{Log(CBR)} = 2,2 - 0,71 * \text{Log}(x)^{1.5} \quad \text{Liben 1987} \quad \text{Ecu.(1)}$$

$$\text{Log(CBR)} = 2,56 - 1,16 * \text{Log}(x) \quad \text{Harrison 1980 Suelos arcillosos} \quad \text{Ecu.(2)}$$

$$\text{Log(CBR)} = 2,62 - 1,27 * \text{Log}(x) \quad \text{Kleyn, 1975} \quad \text{Ecu.(3)}$$

$$\text{Log(CBR)} = 2,48 - 1,057 * \text{Log}(x) \quad \text{TRL} \quad \text{Ecu.(4)}$$

$$\text{Log(CBR)} = 2,58 - 1,32 * \text{Log}(x) \quad \text{CBR} \quad \text{Ecu.(5)}$$

#### **2.4.- TRABAJOS DE LABORATORIO.**

Con las muestras obtenidas cada 500 m se realizaron los siguientes ensayos, cuyos resultados se indican en el Anexo No 2, estos trabajos se realizo en el Laboratorio de suelos de la Escuela Politécnica del Ejercito.(ver Foto No 8)

- Determinación del contenido de humedad natural.
- Granulometría por tamizado.
- Limite Líquido.
- Limite Plástico.

Con las muestras obtenidas cada 5 km y a 0.5 m de profundidad a mas de los ensayos de clasificación, se realizo el ensayo de compactación y CBR

Los trabajos de laboratorio se ejecutaron siguiendo los procedimientos recomendados por las normas AASHO, ASTM



Foto No 8: En el Laboratorio de Suelos se realizo los estudios de las muestras

C

IA

### 3.1.- GEOLOGÍA REGIONAL

#### Litoestratigrafía

Regionalmente el área de influencia del proyecto que se estudio abarca formaciones geológicas del Paleozoico al Cuaternario. La distribución de estas unidades se puede visualizar en el mapa del Anexo: Mapa Geológico General.

## **DEPÓSITOS CUATERNARIOS**

### **Holoceno**

#### **Depósitos aluviales recientes ( $Q_{al}$ )**

Son depósitos recientes, transportados y depositados por los ríos, el cual forma parte de las llanuras de inundación. Están compuestos por bloques, gravas y arenas limosas en diferentes porcentajes y composición, de formas redondeadas y subangulares, sueltos.

#### **Depósitos coluviales ( $Q_c$ )**

Se trata de depósitos superficiales de ladera y de pie de talud, que han sufrido poco transporte, son muy heterogéneos, dependiendo de la zona y el fenómeno inestable que les dio origen. Se componen de mezclas heterogéneas de bloques y fragmentos angulares y subangulares en matriz fina arenosa o limosa.

### **Pleistoceno**

#### **Terrazas aluviales ( $Q_{t-3}$ )**

En forma regional, se ha diferenciado varios niveles de terrazas aluviales, que son fácilmente distinguibles por su topografía que es suave a plana y compuesta por material granular con finos arenosos o limosos, con cantos rodados y bloques de roca, de forma redondeada; de variada potencia.

#### **Cangagua ( $P_c$ )**

Son depósitos no estratificados, parcialmente consolidados, compuestos de ceniza de grano fino a medio de color café a amarillento; que se ha depositado sobre los



rasgos de la superficie que implica una edad reciente. No sobrepasa lo 20cm de espesor.

### **Ceniza el Tungurahua ( $PT''$ )**

Está ocupando parte de los flancos del volcán Tungurahua, que son delgadas capas de ceniza volcánica joven.

### **Volcánicos del Tungurahua ( $PT'$ )**

Estas rocas forman la gran parte del volcán Tungurahua. Las lavas más antiguas son andesitas porfiríticas y las más jóvenes son predominantemente basálticas.

### **Plioceno**

#### **Rocas volcánicos del Igualata ( $PL_i$ )**

El material piroclástico es el producto más común que varía de una toba fina a toba de grano grueso; localmente se encuentra flujos de lavas andesíticas.

#### **Formación Pisayambo (PLp)**

En el área del proyecto, especialmente en los primeros kilómetros del trazado, aflora esta unidad, que consiste de mantos de aglomerados gruesos, de fragmentos de rocas de diferentes tamaños con clastos menores con finos limas arenosos, de color blanco a amarillento; así como también pertenecen a esta formación lavas andesíticas expuestas en el flanco izquierdo del valle que forma el río Chamba, formando un relieve muy abrupto.

### **Paleozoico**

#### **Serie Llanganates ( $P_{zl}$ )**

Está formada por rocas metamórficas tipo esquistos, gneiss y cuareitas, que se encuentran foliadas, fracturadas, y meteorizadas.

### 3.2.- GEOMORFOLOGÍA

En el área que se estudio, a nivel regional, se han diferenciado las siguientes formas de relieve, las cuales han sido modeladas por diferentes factores a través del tiempo.

#### Formas de Origen Denudativo.-

- **Coluviones**

Estas formas se refieren a los depósitos coluviales que han sido formados por los deslizamientos ocurridos en los flancos de las laderas, cuyos materiales han sido acumulados en las partes bajas de dichas pendientes, formando depósitos constituidos de una mezcla heterogénea de bloques angulosos en una matriz de grano fino, bastante compactados (Foto: 9). En el proyecto tenemos un importante depósito coluvial al inicio del proyecto, margen izquierda del río Chambo, de topografía suave a plana, con niveles freáticos altos, estables. Se ubica entre el Km 0 al Km 1.



FOTO 9: Formas de origen denudativo formado por los depósitos coluviales, localizados entre los km 0+250 al km 2+200.

#### **Relieves Colinados.-**

Se encuentra distribuido en la parte Norte del área de estudio, relacionados directamente con el grado de disección del relieve, que a su vez depende de la incidencia de la erosión y conformados por depósitos volcánicos.

Se caracteriza por presentar formas de colinas, donde sus laderas naturales tienen inclinaciones de hasta 15°, de buena estabilidad, con una intensidad de drenajes baja.

#### **Relieve Montañoso.-**

Está ampliamente expuesta en la zona de estudio entre el Km1 al Km10, se caracteriza por presentar cimas de crestas agudas y laderas moderadas a abruptas y a muy abruptas, con pendientes naturales mayores a 40° de inclinación, desarrollada en rocas volcánicas de la formación Pisayambo e Igualata. Son medianamente estables a inestables y una intensidad de drenaje alta.

En forma general podemos señalar que, en trazado de la vía en estudio, se desarrolla del Km 0 al km17 por el flanco izquierdo del valle formado por el río Chambo (Foto No10) y del Km17 al Km25 por el flanco derecho del valle formado por el río Patate.



FOTO No 10: Relieve montañoso, presente en el flanco izquierdo del valle del río Chambo; con pendiente de hasta el 100%

### 3.3.- ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS

De la información disponible, como son los mapas geológicos de Chímbozazo (N°69) y Baños (N°88), realizados por la DGGM, se puede observar dos importantes estructuras de fallas; una localizada en forma paralela al proyecto en estudio que recorre en sentido NE -SW y tiene varios kilómetros de longitud y otra que se ubica a la altura del Km 23 y lo cruza al proyecto en forma perpendicular en un punto y tiene dirección NW - SE con varios kilómetros de longitud (como se

indica en el Mapa del Anexo No 1) que están asociadas posiblemente a características morfológicas y estructurales.

En cuanto se refiere a estructuras menores, se indica que, las rocas volcánicas de la formación Pisayambo, presentan sistemas de diaclasamiento con diferentes inclinaciones y orientaciones; mientras que los depósitos de tobas de los volcánicos Igualata se encuentran medianamente fisurados en los taludes de corte con diferentes direcciones y con aberturas que ni sobrepasan los 5cm.(Foto No 11 y 12)



FOTO 11: ABSCISA: 4+100 Pequeño deslizamiento traslacional que afecta el talud de corte ocurrido en material tipo tobas, que ha interrumpido el camino existente.



FOTO 12: ABSCISA: 4+200 Caídos de roca procedente del talud del macizo rocoso de rocas andesíticas, altamente fracturadas, de la formación Pisayambo

#### **CAPITULO 4.- ASPECTOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS DEL TRAZADO**

#### 4.1.- DESCRIPCIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DEL PROYECTO.

Las formaciones geológicas encontradas a lo largo del eje del proyecto, se detallan en el Cuadro No 1 siguiente:

**CUADRO No 1: DISTRIBUCION DE LAS UNIDADES LITOLÓGICAS A LO LARGO DE LA VIA**

| ABSCISAS        | UNIDAD GEOLÓGICA               | TIPO DE MATERIAL   |
|-----------------|--------------------------------|--|
| 0+000 - 0+200   | Volcánicos del Tungurahua (PT) | Depósitos volcánicos, tipo piro clásticos de material granular anguloso en matriz tobacea          |
| 0+200 - 0+245   | Aluviales de cauce (Qal)       | Cantos rodados, gravas y arenas  |
| 0+245 - 1+000   | Depósitos coluviales (Qc)      | Bloques con clastos de rocas de diferentes tamaños, entremezclados con finos arenosos              |
| 1+000 - 10+800  | Formación Pisayambo (Plp)      | Secuencia de lavas y piro clásticos  |
| 10+800 - 13+650 | Cangagua (Pc)                  | Tobas de grano fino a grueso   |
| 13+650 - 25+110 | Volcánico del Iguata (Pli)     | Material piro clástico, variando entre tobas de grano fino a toba gruesa pumicea. Localmente lavas |

Para realizar la descripción geológica, vamos a tomar como referencia las unidades geológicas presentes a lo largo del trazo en estudio, así tenemos:

➤ **Volcánicos del Tungurahua (PT').-**

**Abscisas: 0+000 - 0+200**

Para este pequeño tramo, tenemos que el proyecto se desarrolla en depósitos piroclásticos, mediana a altamente compactados, de fragmentos pequeños de rocas volcánicas, de forma angular con clastos menores en matriz areno limosa, color blanca a rosada; tipo ML - SM según SUCS.

En cuanto se refiere a estabilidad de taludes, los cortes se mantienen estables con inclinaciones de hasta 70°; por su litología, son susceptibles a la erosión hídrica y flujos de materiales secos y húmedos.

La capacidad portante es media, bastante permeables, la excavación es fácil con maquinaria liviana y el producto de esta, se lo puede emplear en rellenos,

mejoramiento de sub-rasante y posiblemente como sub-base.

Como material de cimentación, se considera competente, para el apoyo del estribo derecho del puente sobre el río Chambo.

Desde el punto de vista constructivo se categoriza de Favorable; tomado en cuenta el aspecto geomorfológico, litológico y ripabilidad.

➤ **Aluviales de cauce (Qal).-**

**Abscisas: 0+200 - 0+245.**

Para este tramo, se ha considerado a los aluviales de cauce que transporta el río Chambo. La litología se describe como bloques de rocas, cantos rodados, gravas y arenas; sueltos. Los bloques están en mínimo porcentaje, con predominio de los cantos, gravas y arenas. En el sitio del cruce sobre el río Chambo, los procesos de socavación no son de magnitud ya que se puede ver que, la cota del cauce con relación al nivel del terreno no sobrepasa los 10m de altura. No se observa procesos de socavación lateral como en profundidad de consideración.

➤ **Depósitos coluviales (Qc).-**

**Abscisas: 0+245 - 1 +000.**

En esta parte del proyecto, se encuentra un depósito coluvial, fácilmente distinguible por su relieve que es suave y que esta compuesto por material proveniente de las unidades colindantes, y que es una mezcla heterogénea de material granular de diferente tamaño con finos limo arenosos tipo ML a SM; medianamente compactados.

Los taludes de corte se mantienen estables con inclinaciones de alrededor de los 65°.

La excavación se lo realizará con maquinaria sencilla, en su totalidad pertenecerán a la categoría de suelo en un 100%.



Los materiales producto del corte se los puede emplear para terraplenes. La capacidad portante es de baja a media.

Desde el punto de vista constructivo se clasifica como: Favorable; tomando en cuenta su litología, relieve y ripabilidad.

➤ **Formación Pisayambo (PIp)**

**Abscisas: 1+000 - 10+800.**

A lo largo de este trayecto, afloran depósitos mayormente de origen volcánico conformados por aglomerados gruesos, piroclásticos y flujos de lavas andesíticas.

Los aglomerados están formados por fragmentos pequeños de roca de hasta 1m de tamaño y clastos menores con finos limosos tipo ML, medianamente compactados. El material piroclásticos es tipo ceniza volcánica grisácea, poco compacta, tipo ML -SM. Mientras que las lavas andesíticas se encuentran medianamente meteorizadas y de fracturación media a alta que se encuentran en el tramo: 4+100 al 6+600.

Los taludes artificiales están sujetos a erosión y desprendimientos; en general la susceptibilidad a terrenos inestables es alta. Los taludes de corte están alrededor de los 60° a 70 °. La permeabilidad es media por fracturamiento. La capacidad portante es alta a media y constituyen un buen terreno de cimentación.

Para el movimiento de tierras, encontraremos materiales de primera, segunda y tercera categoría (Suelo, Marginal y roca), señalando que, para el tramo 4+100 al 6+600 tenemos que la excavación es en un 100% en roca.

El aspecto constructivo se categoriza como aceptable; pero desfavorable para el tramo del Km4 al Km7, tomando en cuenta que tenemos pendientes transversales

fuertes mayores a 40°, macizo rocoso fracturado con discontinuidades desfavorables y riesgo a producir caídos de rocas y material fino.

➤ **Cangagua (Pc).-**

**Abscisas: 10+800 - 13+650.**

Esta unidad ha formado un relieve colinar y sectores con zonas suaves, representado por material volcánico tipo tobas, con intercalaciones de flujos de lavas. Las tobas son medianamente compactas, de grano fino a medio, color café, con fisuras superficiales; mientras que las lavas están bastante meteorizadas y fracturadas y afloran en los puntos: 14+250, 16+200, 17+000.

Los taludes se mantienen estables con inclinaciones de hasta 65°, visibles en los taludes de corte de la carretera existente.

La excavación se hará con maquinaria sencilla y en forma puntual se utilizará voladura. La capacidad portante es media; como material de construcción posiblemente se los pueda utilizar en rellenos.

El aspecto constructivo es favorable, ya que tenemos una topografía moderada, donde no se tiene alturas de corte de consideración, además los materiales en gran parte son fácilmente ripables y no se ha observado procesos geodinámicos activos.

➤ **Volcánico del Iqualata (Pli).-**

**Abscisas: 13+650 - 25+110.**

A lo largo de este tramo, en los taludes de corte del camino existente se pueden ver buenos afloramientos de material piroclásticos tipo tobas y en sitios puntuales pequeños afloramientos de lavas andesíticas bastante meteorizadas.

Esta formación, no presenta problemas debidos a deslizamientos en el sector por donde atraviesa el proyecto, sino más bien estos materiales son susceptibles a ser erosionados en superficie por el agua de escorrentía. Los taludes de corte actual se mantienen estables con pequeños caídos de rocas.

Son estratos de media a baja permeabilidad, de capacidad portante media; con fines de excavación se los puede mover con facilidad con maquinaria sencilla y los depósitos de lavas con explosivos. Los materiales resultantes del corte a efectuarse se pueden emplear en rellenos

El aspecto constructivo se puede considerar como aceptable y favorable para el tramo del Km 23 al Km 25+110 donde se ha tenido que diseñar varios retornos en vista de que el proyecto tiene que vencer altura en una topografía de ladera.

#### **4.2.- PROCESOS GEODINAMICOS**

La estabilidad del terreno es consecuencia directa de la naturaleza geológica de los materiales que lo constituyen, de su comportamiento geomecánico, exposición y del impacto de factores externos como saturación, sismos y factores antrópicos o lo que es lo mismo que un terreno se inestabilice cuando a las causas condicionantes se suman causas desencadenantes que ocasionan el fenómeno de inestabilidad, así, una causa desencadenante pequeña puede ser suficiente para provocar una sensible aceleración de la inestabilidad.

Las causas condicionantes básicamente son de índole geológicas, morfológicas y geotécnicas.

Las geológicas tienen que ver con las características litológicas, genéticas y estructurales de los materiales presentes, así como la circulación de agua de escorrentía o subterránea y de la permeabilidad de las formaciones, las cuales de una u otra manera modifican las condiciones de la estabilidad de los terrenos.

Las morfológicas comprenden la forma de relieve, su situación con respecto a los cursos fluviales y la dinámica que ha tenido el área. También se considera la forma y pendiente del terreno y el tipo de drenaje.

Las condicionantes geotécnicas se refieren a las características geomecánicas de los materiales tales como: el tipo de material, la meteorización, fracturación, estructuras orientadas a favor de la pendiente, que en conjunto producen el deterioro de las propiedades geomecánicas de los materiales. Completando con los parámetros físico-mecánicos y la permeabilidad.

Las causas desencadenantes de la inestabilidad de un terreno pueden ser naturales y antrópicas.

Entre las naturales están las hidrometeorológicas, hidrogeológicas, procesos geodinámicos y otras especiales como la sismicidad que se refiere a la posibilidad que, en el futuro, un sismo de importancia pueda desencadenar el deslizamiento.

Entre las antrópicas está la deforestación, cortes, rellenos, explotaciones de materiales y usos indebidos del terreno.

En forma general, los fenómenos de inestabilidad se clasifican en: Deslizamientos, caídas de rocas, flujos de material y derrumbes o depósitos de pie de talud; de los que se da una breve explicación:

**Deslizamientos:** Este movimiento consiste en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, que pueden detectarse fácilmente o dentro de una zona relativamente delgada. El movimiento puede ser progresivo, o sea, que no se inicia simultáneamente a lo largo de toda, la que sería, la superficie de falla.

Los deslizamientos pueden ser de una sola masa que se mueve o pueden comprender varias unidades o masas semi-independientes. Los deslizamientos pueden obedecer a procesos naturales o a desestabilización de masas de tierra por el efecto de cortes, rellenos, deforestación.

**Caída de rocas:** Son movimientos rápidos de material rocoso, que pierde su estabilidad a lo largo de planos de discontinuidades o cuñas; como se puede ver en la Foto No 12 (4+200).

**Flujos de material:** Se forman debido a la saturación de materiales inestables que se convierten en flujos violentos y de alta velocidad, principalmente a lo largo de los drenajes naturales. Los flujos secos provienen de las partes superficiales meteorizadas de las rocas que se desprenden hacia abajo con la ayuda de los agentes atmosféricos.

**Derrumbes:** Los derrumbes o desmoronamientos de vertientes rocosas corresponden a caídas de masas de roca, movimientos rápidos y violentos resultantes de la acción de la gravedad y que afectan a materiales rígidos y fracturados. Los bloques pueden rodar y rebotar para luego estabilizarse en una zona llamada «de esparcimiento». Mientras los pequeños derrumbes son frecuentes en las vertientes de fuerte pendiente, los derrumbes en gran masa son mucho más raros pero siempre espectaculares.

En base a esta clasificación, podemos señalar que, el tipo de inestabilidades presentes en los taludes naturales y especialmente en los taludes de corte del camino existente es del tipo: Caídas de rocas, derrumbes y deslizamientos de la parte superior del talud de corte. Estas inestabilidades se presentan especialmente en el tramo del Km 3 al Km 7, que son de pequeña magnitud y baja peligrosidad, ya que, el camino construido en este trayecto tiene un ancho menor a los 4m y el movimiento de tierras realizado es bajo y la altura de los cortes no son muy altos y son menores a los 5m en promedio.

De tal forma, el tramo en referencia (Km3 al Km7), representa un segmento tipo que nos está indicando el tipo de problemas geotécnicos que vamos a tener

cuando realicemos el correspondiente corte para en nuevo proyecto y a los que debemos poner atención para dar las soluciones adecuadas o apropiadas.

En forma general, del reconocimiento superficial realizado a lo largo del proyecto, podemos zonificar al mismo desde el punto de vista de su estabilidad y constructivo, de la siguiente manera:

-Tramo: 0+000 - 4+000 = Condición constructiva favorable; la topografía es suave a moderada, no presenta problemas geodinámicos de magnitud, el movimiento de tierras se lo realizará en materiales de primera (suelo) y segunda categoría (marginal).

-Tramo: 4+000 - 6+000 = Condición constructiva desfavorable; la topografía es abrupta a muy abrupta, con pendientes transversales de hasta 50° de inclinación; se observan caídos de roca, desprendimientos de suelo de la parte superior del talud y rocas altamente fracturadas y con discontinuidades favor de la pendiente. El movimiento de tierras en alto porcentaje pertenece a la tercera categoría (roca) y segunda categoría (marginal).

-Tramo: 6+000 - 23+000 = Condición constructiva aceptable, la topografía es moderada, no presenta problemas geodinámicos de magnitud, el movimiento de tierras se lo realizará en materiales de primera (suelo), segunda categoría (marginal) y en mínimo porcentaje de tercera categoría (roca).

-Tramo: 23+000 - 25+110 = Condición constructiva favorable, la topografía es moderada a abrupta, el proyecto se desarrolla en ladera; no presenta problemas geodinámicos de magnitud, el movimiento de tierras se lo realizará en materiales de primera categoría. En este tramo está proyectado realizar varios retornos en los que tenemos cortes de hasta 30m de alto.

#### **4.3.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS.-**

## Redes de drenaje.-

El drenaje en la zona de estudio es parte de las cuencas hidrográficas de los ríos: Chambo y Patate, al cual confluyen drenajes menores.

Con una descripción longitudinal, se indica que para el tramo Km 0 al Km 1, el trazo se desarrolla con dirección este-oeste, atravesando al río Chambo. Del Km 1 al Km 23, el proyecto va en sentido sur-norte, cruzando a las Qdas. Guilles, Santo Domingo y Qda. Paraspamba. Mientras que, del Km 23 al final, tiene orientación oeste - este, sin drenajes de consideración.

En forma global, la intensidad de drenaje es de baja a media para el proyecto; en el Cuadro No 2, consta los drenajes principales y que necesitan obras de arte mayor y especiales.

**CUADRO No 2:DETALLE DE DRENAJES PRINCIPALES**

| <b>Número</b> | <b>Nombre del drenaje</b> | <b>Ubicación</b> |
|---------------|---------------------------|------------------|
| 1             | Río Chambo                | 0+250            |
| 2             | Qda. Guilles              | 1+110            |
| 3             | Qda Santo Dominao         | 7+720            |

### 4.3.1.- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

El aspecto hidrogeológico esta íntimamente relacionado con el tipo de material y con el tipo de relieve, y de acuerdo a esta consideración, se ha podido diferenciar que existen dos unidades hidrogeológicas en el área del proyecto.

#### Unidad A.-

Corresponde a la roca de tipo volcánico de las formaciones: Volcánicos Tungurahua, Pisayambo y volcánicos Igualata Celica, representado por: aglomerados, tobas, y lavas andesíticas; que han formado relieves montañosos a colinados con pendientes moderadas a abruptas.

Las rocas por su comportamiento y naturaleza son impermeables, pero en sitios de fracturación intensa el macizo puede pasar a la categoría de semipermeable. Por las características anteriores esta unidad se clasifica como acuífugo; con filtraciones puntuales.

La infiltración es baja por la litología de las rocas y su condición morfológica donde se encuentran, y solo afectan las zonas alteradas.

La cuenca de recepción en los drenajes de esta unidad son muy pequeñas y con altas pendientes.

### **Unidad B.-**

En esta unidad se encasillan las formaciones: Cangagua y colusiones, que han formado relieves moderados a suaves.

El tipo de litología se refiere a suelos arenosos y limosos con material granular, medianamente compactados; y a depósitos de cangagua las rocas granulares, tienen mediana porosidad dando en general una permeabilidad primaria media a alta, la cual puede ser incrementada por fisuración; los niveles freáticos son someros pudiéndose observar en superficie sectores con alto contenido de humedad. La infiltración es media a alta, sobre todo en las cuencas de recepción de pendiente baja.

## **4.4.- EVALUACIÓN DE MATERIALES A SER EXCAVADOS**

La escarificación o ripabilidad es la propiedad que permite a los materiales su desgarre o remoción por medios manuales o mecánicos. Así se ha clasificado en tres categorías a los materiales con fines de excavación.

### **4.4.1.- CLASIFICACIÓN DE CATEGORÍAS DE EXCAVACIÓN.**

#### **- Materiales de Primera Categoría.- (Suelo)**



Corresponde a suelos y rocas blandas, que requieren el uso de equipo corriente para su excavación, tales como tractores, mototrailla o por proceso manual utilizando herramientas simples.

**- Materiales de Segunda Categoría.- (Marginal)**

Pertencen a rocas de mediana dureza, rocas alteradas, suelos que contienen bloques de diverso tamaño, que necesitan la utilización de maquinaria mayor a 320 HP al volante con sus respectivos escarificadores.

**- Materiales de Tercera Categoría.- (Roca)**

Están involucrados materiales rocosos, poco fracturados, que requieren el uso indispensable y continuo de explosivos para fracturar y posteriormente remover por otro de los sistemas antes descritos.

**4.4.2.- PORCENTAJES ESTIMADOS DE MATERIALES CON FINES DE EXCAVACIÓN.-**

Los materiales presentes en el proyecto y sobre los cuales deben realizarse movimientos de tierra, tomando como base el levantamiento geológico de superficie, puede estimarse que se clasificarán en las categorías de: Suelo, material marginal y roca.

En el Cuadro No 3, se consigna la estimación por tramos de las categorías posibles a encontrarse en la construcción o excavación:

**CUADRO No 3: EVALUACION DE RIPABILIDAD A LO LARGO DEL PROYECTO**

| ABSCISAS        | UNIDAD GEOLOGICO          | RIPABILIDAD |              |          |
|-----------------|---------------------------|-------------|--------------|----------|
|                 |                           | Suelo (%)   | Marginal (%) | Roca (%) |
| 0+000 - 0+200   | Volcánicos del Tungurahua | 100         | -            | -        |
| 0+200 - 0+245   | Aluvial de cauce          | -           | -            | -        |
| 0+245 - 1+000   | Depósito coluvial         | 100         | -            | -        |
| 1+000 - 4+100   | Formación Pisayambo       | 80          | 20           | -        |
| 4+100 - 6+600   |                           | 10          | 20           | 70       |
| 6+600 - 10+800  |                           | 80          | 15           | 5        |
| 10+800 - 13+650 | Cangagua                  | 100         | -            | -        |
| 13+650 - 25+110 | Volcánicos del Iqualata   | 85          | 10           | 5        |

#### **4.5.- ESTUDIO GEOLÓGICO DE TALUDES**

##### **4.5.1.- TALUDES TÍPICOS PARA CORTES**

Para dar una estimación de los taludes de corte, se ha tomado como referencia las inclinaciones de taludes de corte construidos en carreteras cercanas al proyecto; así como también, se ha tratado de zonificar a las unidades volcánicas presentes en el trazado de la vía en estudio que tienen similares condiciones geológico - geotécnicas para poder estimar secciones tipo para corte de acuerdo al tipo de material.

En base a esta consideración, se recomiendan las siguientes secciones para taludes de corte, como se indica en el Cuadro No 4:

**CUADRO No 4:TALUDES DE CORTE RECOMENDADOS**

| ABSCISAS       | UNIDAD                    | TALUD DE CORTE RECOMENDADO |          |  |          |          |
|----------------|---------------------------|----------------------------|----------|--|----------|----------|
|                | GEOLOGICA                 | H=0-10m                    | H=10-15m | H=15-20m   | H=20-30m | H=30-40m |
| 0+000 - 0+200  | Volcánicos del Tungurahua | 1/2 (H): 1(V)              |          | 1/2 (H): 1(V)<br>Con berma de 3m de ancho a la mitad de la altura de corte |          |          |
| 0+200 - 0+245  | Aluvial de cauce          |                            |          |  |          |          |
| 0+245 - 1+000  | Depósito coluvial         | 3/4 (H): 1(V)              |          |  |          |          |
| 1+000 - 4+100  | Formación Pisayambo       | 3/4 (H): 1(V)              |          | 3/4 (H): 1(V)<br>Con berma de 3m de ancho a la mitad de la altura de corte |          |          |
| 4+100 - 6+600  |                           | 1/4 (H): 1(V)              |          | 1/4 (H): 1(V)<br>Con berma de 3m de ancho a la mitad de la altura de corte |          |          |
| 6+600 - 10+800 |                           | 1/2 (H): 1(V)              |          | 1/4 (H): 1(V)<br>Con berma de 3m de ancho a la mitad de la altura de corte |          |          |
| 10+800-13+620  | Cangagua                  | 1/2 (H): 1(V)              |          |  |          |          |
| 13+650-25+110  | Volcánicos del Igualata   | 1/2 (H): 1(V)              |          | 1/2 (H): 1(V)<br>Con berma de 3m de ancho a la mitad de la altura de corte |          |          |

Las máximas alturas de corte previstas llegarán hasta los 36.84m. (23+800).

#### 4.6.- TALUDES TÍPICOS PARA RELLENOS

En el área del proyecto se estima que, de acuerdo a la geología, los rellenos serán construidos con suelos finos y granulares, por lo que se recomienda utilizar la sección tipo: 1.5 (H) - 1 (V), para diferentes alturas de corte.

Se prevé que la altura de los rellenos, para el proyecto en referencia, de acuerdo al diseño vertical de la vía, no sobrepasan los 15m de altura.

#### 4.7.- ESTABILIDAD DE TALUDES.

En consideración de que gran parte del proyecto atraviesa por formaciones rocosas, para determinar la inclinación de taludes se ha considerado conveniente establecerlos en función de las características geológicas encontradas a lo largo

del trazado a las recomendaciones que se dan en los gráficos del anexo No 4 y la experiencia con la inclinación de taludes ejecutados en carreteras construidas en zonas cercanas, en base a lo cual se recomiendan las inclinaciones de taludes en corte que se indican en el Cuadro No 5.

**CUADRO No 5**  
**INCLINACION DE TALUDES EN CORTE**

| TRAMO<br>GEOLOGICA | UNIDAD<br>GEOLOGICA      | ALTURA DE TALUD       |   |
|--------------------|--------------------------|-----------------------|---|
|                    |                          | 5, 10 ,15             | 20, 25, 30, 35, 40  |
| 0+000 - 0+200      | Volcánicos<br>Tungurahua | $\frac{1}{2}(H):1(V)$ | $\frac{1}{2}(H):1(V)$<br>Con berma de 3m de<br>ancho cada 10m de altura |
| 0+245 - 1+000      | Coluvial                 | $\frac{3}{4}(H):1(V)$ |   |
| 1+000 - 4+100      | Pisayambo                | $\frac{3}{4}(H):1(V)$ | $\frac{3}{4}(H):1(V)$<br>Con berma de 3m de<br>ancho cada 10m de altura |
| 4+100 - 6+600      |                          | $\frac{1}{4}(H):1(V)$ | $\frac{3}{4}(H):1(V)$<br>Con berma de 3m de<br>ancho cada 10m de altura |
| 6+600 - 10+800     |                          | $\frac{1}{2}(H):1(V)$ | $\frac{1}{4}(H):1(V)$<br>Con berma de 3m de<br>ancho cada 10m de altura |
| 10+800 - 13+650    | Cangagua                 | $\frac{1}{2}(H):1(V)$ | $\frac{1}{2}(H):1(V)$<br>Con berma de 3m de<br>ancho cada 10m de altura |
| 13+650 - 26+000    | Igualata                 | $\frac{1}{2}(H):1(V)$ | $\frac{1}{2}(H):1(V)$<br>Con berma de 3m de<br>ancho cada 10m de altura |

Los taludes en los rellenos deberán tener una inclinación de  $2(H): 1(V)$ .

También para determinar la inclinación de taludes, en el tramo comprendido entre el kilómetro 20+000 - 26+000, se tomaron muestras inalteradas y se realizaron

ensayos triaxiales, valores con los cuales se establecieron las siguientes inclinaciones de taludes en suelos. ( ver cuadro No 6).

$$N = \frac{c}{F_s * \gamma_h * H} = \frac{1,03}{H}$$

$$\phi = 40^\circ$$

$$c = 2,25T / m^2$$

$$F_s = 1,5$$

$$\gamma_h = 1,46T / m^3$$

**CUADRO No 6**

| ABSCISA  | TIPO DE SUELO | ALTURA (m) |    |      |    |      |    |      |    |      |    |
|----------|---------------|------------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|
|          |               | 10         |    | 15   |    | 20   |    | 25   |    | 30   |    |
|          |               | N          | i° | N    | i° | N    | i° | N    | i° | N    | i° |
| 20 + 000 | SM            | 0.1        | 85 | 0.07 | 60 | 0.05 | 50 | 0.04 | 45 | 0.03 | 40 |
| 26 + 000 |               |            |    |      |    |      |    |      |    |      |    |

De acuerdo a lo cual, los taludes con alturas hasta 15 metros, se deberán construir con ángulos de inclinación de 60° (1H:1,73V) y los mayores con berma de 3 metros de ancho cada 10 metros de altura y 60 ° de inclinación.

#### **4.8.- PREDISEÑO DEL DRENAJE.**

Se identifico en el proyecto y se analizo el drenaje que requerirá la vía, cuantificando las condiciones hidrológicas e hidráulicas que afectan al escurrimiento superficial y sub superficial de la zona, para dimensionar las obras de arte menor que deben ser construidas.

#### **Metodología Empleada**

La metodología del estudio se basa en análisis de campo y gabinete, basados en modelos computacionales que se han diseñado para solucionar los principales problemas que enfrenta la hidrología superficial, el diseño hidráulico y el drenaje de carreteras. Todo esto se fundamenta en las recomendaciones, regulaciones y normas emitidas por el MTOP para este tipo de estudios en el país.

Inicialmente, se efectuó un trabajo de campo, en el mismo que se realizaron recorridos generales y exhaustivos de las diferentes zonas por donde se ha diseñado el trazado de la vía, para tener un cabal conocimiento de la hidrografía, el relieve, las condiciones del escurrimiento, la cobertura vegetal, pendientes y el clima de cada sector.

Según los datos topográficos del trazado existentes se concluyó la definición y abscisado de las alcantarillas, cunetas de acuerdo a la sección típica de la vía y otros elementos de drenaje y protección, definiéndose la dimensión de los diferentes elementos en base a la experiencia y los cálculos estimados para esta fase.

Posteriormente, se recopiló la siguiente información necesaria para el desarrollo de los diferentes tópicos del estudio:

- Cartografía a escala 1:50.000, para la elaboración de mapas y definición de las áreas de aporte a los diferentes elementos de drenaje con sus correspondientes parámetros físicos y morfométricos.
- Información hidrometeorológica necesaria para caracterizar el clima de la zona, cuantificar el escurrimiento máximo y valores de representatividad para la zona.
- Información relativa al complejo suelo-cobertura vegetal, útil para cálculos hidrológicos indirectos, datos provenientes de los estudios realizados por CURSEN y ECOCIENCIA recientemente.

Concluida esta fase, y por ser una etapa preliminar el dimensionamiento de las obras de arte menor se lo ha realizado en forma estimativa, basándose en los siguientes puntos.

- Información existente y el trabajo de campo, se ubicó los puntos críticos de drenaje existentes, para cuencas hidrográficas de mediana magnitud, se estimó los aportes y dimensiones iniciales.
- Los drenajes de área de aporte mínima, se establecieron directamente en los planos viales, adoptándose un valor constante de superficie.
- Para definir la escorrentía superficial máxima, se definieron las intensidades de precipitación utilizando las ecuaciones pluviométricas, de la publicación más actualizada del INAMHI, aceptada en las Normas de Diseño del MTOP. Los valores de intensidad diaria, se obtuvieron directamente de las cartas de isolíneas, correspondientes a un período de retorno de 25 años.
- Se utilizaron formas empíricas para determinar el diámetro aproximado de las alcantarillas

Las longitudes de las alcantarillas se las estimado tomando en consideración las alturas de los rellenos, su esviajamiento y su mantenimiento futuro.

Las alcantarillas se las ha ubicado de acuerdo a la faja topográfica y en base a la información obtenida en los trabajos de campo.

En rellenos muy altos las alcantarillas han sido ubicadas fuera del cauce, en terreno firme.

Para los puentes en base al perfil longitudinal y a la altura de máxima crecida observada, se han definido las luces aproximadas de los mismos.

#### **4.9.- OBRAS DE ARTE MAYOR**

**Información geológica - geotécnica de áreas de cimentación de obras de arte mayor.-**

De acuerdo con las definiciones efectuadas los cruces de drenajes de importancia y que necesitan estructuras de puentes, son los que se indican a continuación:

| NÚMERO | ABSCISA     | TIPO DE ESTRUCTURA | NOMBRE             |
|--------|-------------|--------------------|--------------------|
| 1      | 0+190-0+250 | Puente             | Rio Chamba         |
| 2      | 7+660-7+720 | Puente             | Qda. Santo Domingo |

➤ C  
ara  
cte  
rís

***ticas geológico - geotécnicas generales.-***

➤ ***Río Chambo (0+190 - 0+250).-***

En el sitio del cruce existe un puente colgante peatonal; la visita a las márgenes se lo realiza por la carretera: Penipe - Baños (Margen derecha), la que se encuentra destruida y por el camino que viene desde Riobamba hacia Guanando y se llega hasta Cahujá Bajo (Margen izquierda). Se prevé la construcción de un puente de alrededor de 60m de longitud.

Geológicamente en el área de implantación del puente, para la margen derecha, se observan materiales piroclásticos compactados; constituidos por clastos de roca volcánica y fragmentos de roca pequeños entremezclados con finos limo arenosos, color blanquecino, de aceptable capacidad portante; en la Foto No13 , 14 y 15 se puede ver un afloramiento de esta unidad. Para la margen izquierda se tiene material coluvial antiguo, representado por clastos de roca volcánica.

En forma general para obtener información del subsuelo, en lo que se refiere fundamentalmente a compacidades, se recomienda realizar prospección geofísica (sísmica de refracción).





Foto No 13: Abscisa 0+190 – 0+250 : Vista General del sitio de cruce del proyecto sobre el río Chambo.

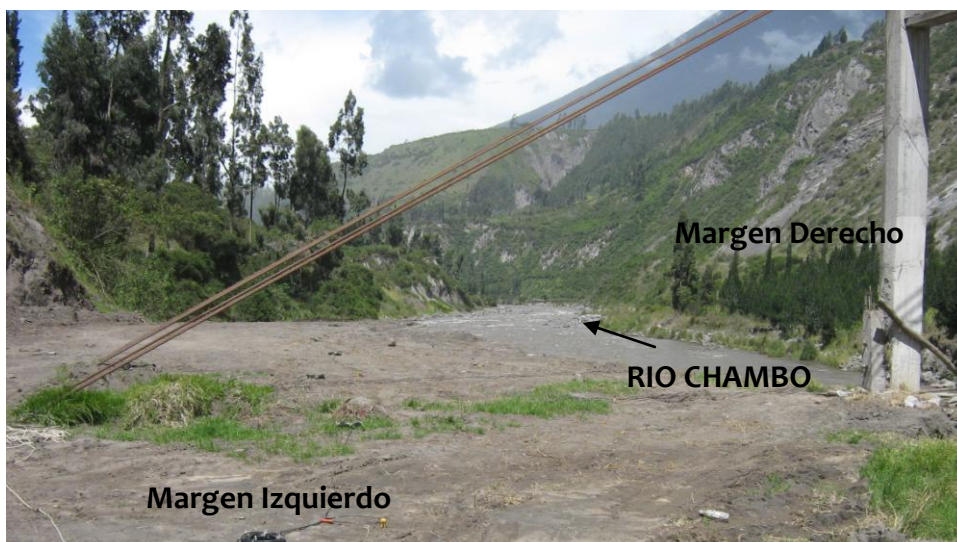


Foto No 14: Abscisa 0+190 Área de cimentación del estribo derecho del puente sobre el río Chambo. Geológicamente se ve material granular clastos de rocas y fragmentos menores de roca en matriz arenosa y material piroclásticos.



Foto No 15: Abscisa 0 +250 Área de cimentación del estribo izquierdo del puente sobre el río Chambo. Geológicamente se ven materiales granulares angulosos en una matriz tobacea, que conforman coluviones compactado

➤ **Qda. Santo Domingo (7+660 - 7+720)**

En este tramo se prevé el diseño y luego de un puente, de una longitud aproximada de 60m. el ingreso al sitio de la Qda. Santo Domingo se lo realiza por el camino que viene desde Huambalo y se dirige hacia Cotalo – Pillate y llega

hasta el sitio de referencia. En la Foto No 16 se puede observar el sitio de cruce por la Qda. Santo Domingo.

En ambos márgenes se ven materiales volcánicos tipo piroclástico de fragmentos pequeños de roca, con clastos menores, distribuidas en una matriz limo arenoso de color blanquecino-rosado altamente compactado.

Los materiales presentan un material portante adecuado que soporta la estructura en referencia, por lo que se estima que la cimentación será superficial, a no ser que la coordinación entre los requerimientos del diseño geométrico y el diseño estructural determinen una solución diferente.

Inicialmente para dar inicio a las investigaciones geotécnicas, se realizara sísmica de refracción en cada margen

Existe acceso vehicular a la margen izquierda de la quebrada.



Foto No 16: Abscisa: 7+660 - 7+720: Área de cruce del proyecto sobre la Qda. Santo Domingo. En márgenes se ven depósitos volcánicos tipo piroclásticos

4.10

**TIVAS DE LA VIA.**

De acuerdo al estudio geológico, se ha determinado que un 70 % se construirá moviendo suelo, 20 % en material Marginal y 10% en roca.

Es necesario indicar también que en el tramo del km 4+000 al km 6+000, existe un riesgo de producirse caídos de rocas y flujos de materiales finos, en razón de que se presentan rocas altamente fracturadas y meteorizadas con topografía abrupta que facilitan estos desprendimientos, por lo que será necesario definir secciones transversales adecuadas y soluciones geotécnicas para paliar este problema como se indican en el anexo No 4.

#### **4.11.- DISEÑO DEL PAVIMENTO.**

##### **4.11.1.- Parámetros de Diseño.**

###### **a.- Determinación del Número de Pasadas del Eje Equivalente de 8.2t**

De acuerdo con la información de Tráfico y utilizando el método indicado en el libro Diseño Racional del Pavimento del Ing. Fredy Alberto Reyes Lizcaino, se determino el numero de pasantes del eje estándar.

$$N = 365 \cdot MJA \cdot C$$

En donde

N = Numero Total de Vehículos Pesados

MJA = Transito Pesado Promedio Diario.

C = Factor de Proyección

$$C = \frac{[(1+i)^n - 1]}{I}$$

i = Tasa de crecimiento anual del trafico

n = Años

$$NE = N \cdot CAM$$

NE = Número de Ejes Equivalentes

N = Número total de ejes Pesados

CAM = Coeficiente de Agresividad del Trafico.

Con lo cual se tiene:

**CUADRO No 3**  
**Trafico por periodos de diseño**

| Año  | TPDA    |               |              |
|------|---------|---------------|--------------|
|      | Liviano | Bus           | Pesado       |
| 2008 | 321     | 48 (i = 2.1)  | 48 (i = 3.2) |
| 2018 | 472     | 58 (i = 1.8)  | 62 (i = 2.9) |
| 2028 | 655     | 67 (i = 1.54) | 78 (i = 2.5) |

De esta manera el número total de ejes equivalentes NE Seria.

Año 2018

$$N_B = 365 * 48 * 10.99 = 192718,50$$

$$N_c = 365 * 48 * 11.57 = 202706,97$$

$$N_{10} = N_B + N_c$$

$$N_{10} = 395425,5$$

$$N_E = 395426 * 0,5 = 197713$$

Que corresponde a un T1 con un CAM = 0,5

Año 2028

Trafico total en el periodo de 20 años  $N = 395426 + 487933 = 883359$

$$NE = 883359 * 0,7$$

$$NE = 618351$$

$$NE = 6,2 \times 10^5$$

**b.- Capacidad de carga de la subrasante.**

De acuerdo a la información recolectada en el campo de estudio del proyecto y el trabajo realizado en el laboratorio de mecánica de suelos de la Escuela Politécnica del Ejercito cuyo resumen se indica en el cuadro No 7 y Grafico del perfil estratigráfico del suelo a lo largo del proyecto se tiene los siguientes resultados: cuadros No 8 y No 9

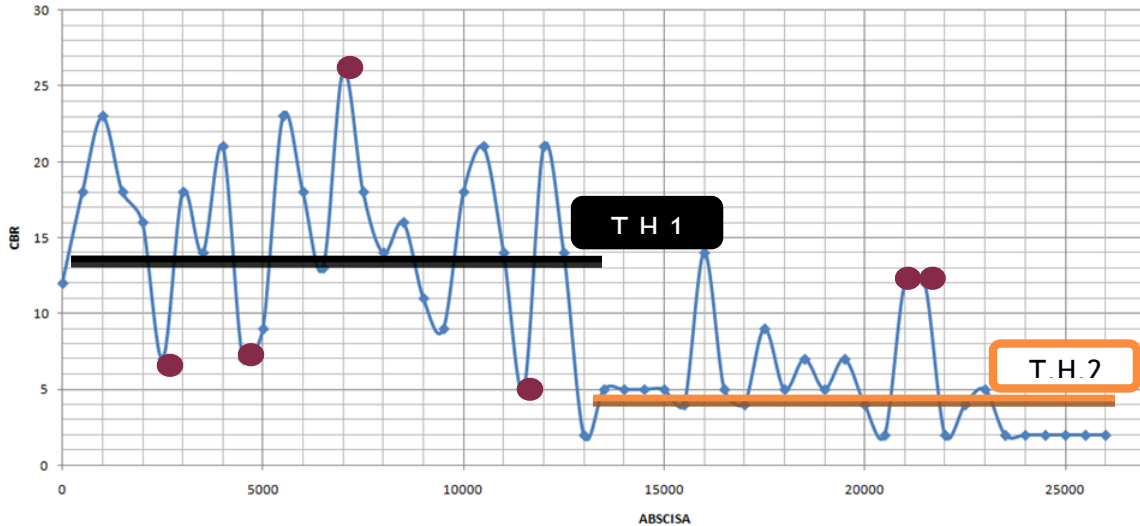
**Cuadro No 7**

| RESULTADO DE LA INFORMACION RECOLECTADA |                  |                   |     |
|---|------------------|-------------------|-----|
| Abscisa                                 | Tipo de Material | % Humedad Natural | CBR |

|        |    |    | DCP | LABORATORIO |
|--------|----|----|-----|-------------|
| 0+000  | SM | 15 | 18  |             |
| 0+500  | SM | 18 | 18  |             |
| 1+000  | SM | 15 | 23  |             |
| 1+500  | SM | 16 | 18  |             |
| 2+000  | SM | 17 | 16  |             |
| 2+500  | SM | 19 | 7   |             |
| 3+000  | SM | 16 | 18  |             |
| 3+500  | SM | 12 | 14  |             |
| 4+000  | SM | 12 | 21  |             |
| 4+500  | G  | G  | 7   |             |
| 5+000  | G  | G  | 9   |             |
| 5+500  | SM | 12 | 23  | 29          |
| 6+000  | G  |    | 18  |             |
| 6+500  | SM | 14 | 13  |             |
| 7+000  | SM | 12 | 26  |             |
| 7+500  | SM | 20 | 18  |             |
| 8+000  | SM | 16 | 14  |             |
| 8+500  | G  |    | 16  |             |
| 9+000  | G  |    | 11  |             |
| 9+500  | SM | 18 | 9   |             |
| 10+000 | G  |    | 18  |             |
| 10+500 | G  |    | 21  | 28          |
| 11+000 | G  |    | 14  |             |
| 11+500 | SM | 18 | 5   |             |
| 12+000 | SM | 22 | 21  |             |
| 12+500 | SM | 14 | 14  |             |
| 13+000 | SM | 14 | 2   |             |
| 13+500 | SM | 17 | 5   |             |
| 14+000 | SM | 21 | 5   |             |
| 14+500 | SM | 14 | 5   |             |
| 15+000 | SM | 12 | 5   |             |
| 15+500 | SM | 19 | 4   | 33          |
| 16+000 | G  |    | 14  |             |
| 16+500 | SM | 16 | 5   |             |
| 17+000 | SM | 17 | 4   |             |
| 17+500 | SM | 14 | 9   |             |
| 18+000 | ML | 34 | 5   |             |
| 18+500 | G  |    | 7   |             |
| 19+000 | ML | 24 | 5   |             |
| 19+500 | ML | 13 | 7   |             |
| 20+000 | ML | 15 | 4   |             |
| 20+220 | ML | 21 | 2   | 5           |
| 21+000 | G  |    |     |             |
| 21+500 | G  |    |     |             |
| 22+000 | ML | 17 | 2   |             |
| 22+500 | ML | 15 | 4   |             |
| 23+000 | ML | 14 | 5   |             |
| 23+500 | ML | 17 | 2   |             |
| 24+000 | ML | 11 | 2   |             |
| 24+500 | ML | 13 | 2   |             |
| 25+000 | ML | 15 | 2   |             |
| 25+500 | ML | 17 | 2   | 9           |
| 26+000 | ML | 16 | 2   |             |

## GRAFICO DE ABCISAS VS CBR PARA LOS TRAMOS HOMOGENEOS

### TRAMOS HOMOGENEOS



De lo cual se puede establecer que existen dos zonas que por capacidad de carga se pueden clasificar como homogéneas, habiéndose determinado el CBR de diseño y su modulo de Resiliencia que se indica a continuación.

Utilizando el método del instituto de asfalto que relaciona la probabilidad de ocurrencia de los valores de CBR con la intensidad de tráfico, en este caso se ha considerado una probabilidad de 70 %. (Ingeniería de Pavimentos para carreteras de Alfonso Montejó Fonseca)

### c.- Módulo de resiliencia

Representa la relación entre el esfuerzo desviador y la deformación recuperable obtenida en el ensayo triaxial dinámico, utilizándose en el análisis estructural de sistemas multicapa (módulo de elasticidad de la sub-rasante).

$$MR = 1500(CBR) \quad CBR < 10\%$$

$$MR = 3000(CBR)^{0.65} \quad 10\% < CBR < 20\%$$

$$MR = 4326 \times \ln(CBR) + 241 \quad \text{Suelos granulares}$$

*Tramo.No1*

0+000 – 12+500

*CBR = 14%*

$$MR = 3000(CBR)^{0.67}$$

$$MR = 16676 \text{ psi}$$

*Tramo.No2*

12+500 – 26+000

*CBR = 4%*

$$MR = 1500(CBR)$$

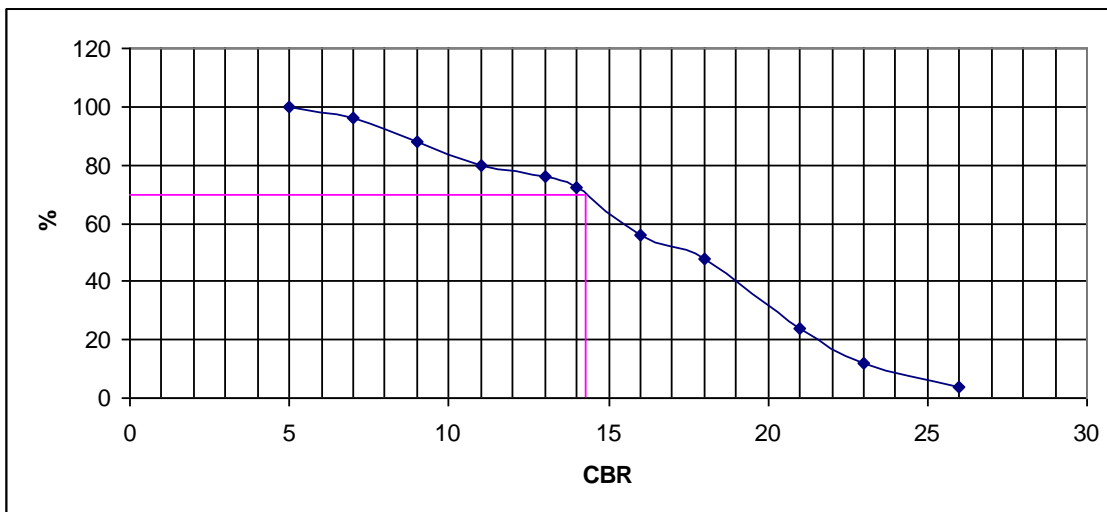
$$MR = 6000 \text{ psi}$$

**CUADRO No 8**

| <b>DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE</b> |            |              |          |
|---|------------|--------------|----------|
| <b>(METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO)</b>       |            |              |          |
| <b>TRAMO No 1 (0+000 - 12+500)</b>              |            |              |          |
| <b>No</b>                                       | <b>CBR</b> | <b>VALOR</b> | <b>%</b> |
| 1   | 5          | 25           | 100      |
| 2   | 7          | 24           | 96       |
| 3   | 7          |              |          |



|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| 4  | 9  | 22 | 88 |
| 5  | 9  |    |    |
| 6  | 11 | 20 | 80 |
| 7  | 13 | 19 | 76 |
| 8  | 14 | 18 | 72 |
| 9  | 14 |    |    |
| 10 | 14 |    |    |
| 11 | 14 |    |    |
| 12 | 16 | 14 | 56 |
| 13 | 16 |    |    |
| 14 | 18 | 12 | 48 |
| 15 | 18 |    |    |
| 16 | 18 |    |    |
| 17 | 18 |    |    |
| 18 | 18 |    |    |
| 19 | 18 |    |    |
| 20 | 21 | 6  | 24 |
| 21 | 21 |    |    |
| 22 | 21 |    |    |
| 23 | 23 | 3  | 12 |
| 24 | 23 |    |    |
| 25 | 26 | 1  | 4  |
| 26 |    |    |    |

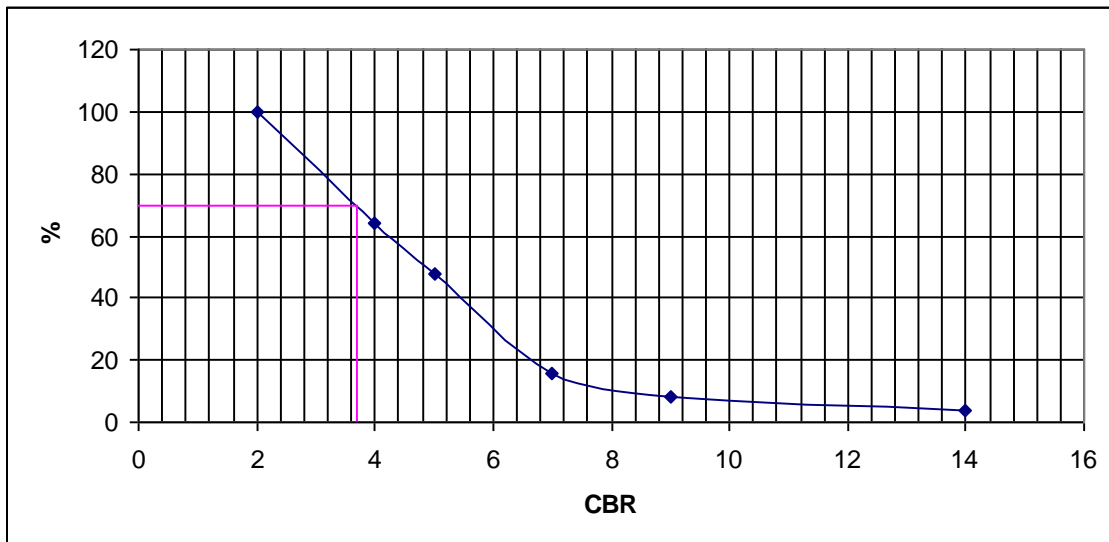


CBR = 14%

**CUADRO No 9**

| DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE<br>(METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO)<br>TRAMO No 2 (12+500 - 26+000) |     |       |     |
|---|-----|-------|-----|
| No  | CBR | VALOR | %   |
| 1   | 2   | 25    | 100 |
| 2   | 2   |       |     |
| 3   | 2   |       |     |

|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| 4  | 2  |    |    |
| 5  | 2  |    |    |
| 6  | 2  |    |    |
| 7  | 2  |    |    |
| 8  | 2  |    |    |
| 9  | 2  |    |    |
| 10 | 4  | 16 | 64 |
| 11 | 4  |    |    |
| 12 | 4  |    |    |
| 13 | 4  |    |    |
| 14 | 5  | 12 | 48 |
| 15 | 5  |    |    |
| 16 | 5  |    |    |
| 17 | 5  |    |    |
| 18 | 5  |    |    |
| 19 | 5  |    |    |
| 20 | 5  |    |    |
| 21 | 5  |    |    |
| 22 | 7  | 4  | 16 |
| 23 | 7  |    |    |
| 24 | 9  | 2  | 8  |
| 25 | 14 | 1  | 4  |
|    |    |    |    |



CBR = 4%

#### 4.12.- FUENTES DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

A lo largo del proyecto se identifico las siguientes fuentes de materiales de construcción que pueden ser aptos para la construcción del proyecto de la carretera. Las características más importantes de las minas inspeccionadas durante los trabajos de campo se describen a continuación.

- **FUENTE No 1: MINA CAHUAJI.**

Se encuentra al inicio del proyecto en estudio, en el margen derecho del Río Chambo, talud de la carretera: Penipe Baños. Coordenadas UTM : N 9 384 081 - E 776 308.

Se trata de material piroclástico constituidos por clastos de roca volcánica, angulosa, en una matriz limo arenoso de color blanco, rosado; altamente compactados; con una cobertura vegetal que no sobrepasa los 0.30m de espesor.

Estimamos que el material de lamina en referencia se lo pueda emplear hasta nivel de subbase; es necesario realizar los correspondientes ensayos de laboratorio para calificar a los mismos.

De acuerdo con la información proporcionada, la cantidad estimada seria de unos 200,000 m<sup>3</sup> el cual puede ser mucho mayor ya que estos depósitos cubren una gran área.

Debido a que el sitio corresponde a una zona minera especial, considerada zona delicada en lo referente a los riesgos volcánicos del Tungurahua, se deben tomar las correspondientes medidas y procedimientos adecuados para su explotación. Al momento la mina esta inactiva.

- **FUENTE No 2: MINA SANTO DOMINGO.**

Se encuentra en el talud de corte del camino existente, a la altura de la abscisa 7+740 del proyecto en estudio, área de la Qda. Santo Domingo; con coordenadas UTM: N 9 938 882 – E 775 756 existe acceso vehicular al sitio de mina.

Es un afloramiento de material piroclástico, constituido de fragmentos pequeños de roca, con clastos menores, distribuidos en matriz arenoso, medidamente compactados.

Este material estimamos que se lo puede utilizar hasta nivel de subbase. Es necesario realizar los respectivos ensayos de laboratorio.

La cantidad estimada estaría sobre los 100,000m<sup>3</sup>, ya que tenemos un buen tramo donde afloran estos materiales

Para extracción es necesario labores de minado con cargadores, excavadoras y cribado y trituración para su uso. Foto No 17

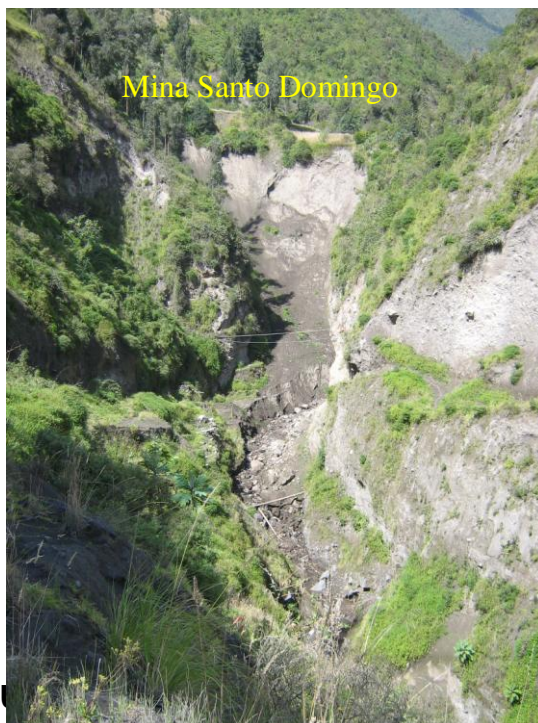


Foto No 17: Mina Santo Domingo: Afloramiento de material piroclástico, en talud de camino existente.

- F

Esta en el sector de Chazo, a unos 3 km de la Abscisa 1+200, camino Cahujá – Guanando, en el talud de corte. Las coordenadas UTM de este sitio son: N 9 832 554 – E 776 152. Foto No 19.

Tenemos un afloramiento de rocas volcánicas tipo lavas andesíticas altamente fracturadas y meteorizadas, que se disgregan fácilmente en fragmento de roca pequeños con finos limosos.

El material de la mina se lo puede utilizar en: Mejoramiento de Subrasante, sub base. Se recomienda realizar los respectivos ensayos de laboratorio para calificar a estos materiales para obtener las propiedades mecánicas de los agregados y de los finos.

El volumen estimado es de unos 60,000m<sup>3</sup> en la foto No18 tenemos una vista del afloramiento en referencia.

Para la extracción es necesario: labores de minado con cargadoras, excavadoras-cargadoras y cribado y trituración para su uso.



Foto No18: Mina Chazo: Afloramiento de lavas andesíticas altamente fracturadas a 3km de la abscisa 1+200 del proyecto.



Foto No19: Mina Chazo: Desvío a la mina Chazo

- **FUENTE No 4: CANTERAS NIETO.**

Se encuentra aproximadamente 30 km al final del proyecto, en el sector de la Loma ya 1.50 km del paso lateral de Ambato; coordenadas UTM: N 9 363 541 - E 769 283.

Se trata de afloramiento de material piroclástico, constituido de clastos de roca angulosa, entremezclados con finos arenosos; medianamente compactados.

Los volúmenes son limitados ya que los depósitos volcánicos cubren una gran área; existe suficiente material para cubrir con la demanda del proyecto. En el área en referencia existen varias concesiones que abastecen de materiales a toda la zona.

Se puede utilizar para mejoramiento de subrasante, para sub base, base, hormigones y posiblemente para asfalto. Para su extracción se usa maquina sencilla. Es necesario realizar los respectivos ensayos de laboratorio para su calificación definitiva.

A lo largo de 17 km se encuentran buenos depósitos de arenas mal graduadas SP y arenas limosas SM que se pueden utilizar para la construcción de rellenos y de materiales estabilizados con cemento.

#### **4.13.- ESTUDIO DE ESTABILIZACION DE SUELOS**

La estabilización de los materiales encontrados a lo largo de la vía se encuentra depósitos de suelos arenosos, se realizó estudios de estabilización de estos materiales por métodos físicos (Compactación) y químicos (mezclándolos con cemento), los resultados de estos ensayos se indican en el Anexo No 4.

La estabilización de suelos como sabe, se refiere al proceso de incrementar su resistencia al corte, mediante procesos físicos o químicos, aumentando su cohesión, ángulo de rozamiento interno o ambos a la vez.

En el caso que nos ocupa, el trabajo se ha dirigido a investigar los procedimientos para mejorar las características de resistencia por compactación del material de la subrasante y debido a que existe gran cantidad de material granular tipo arena a lo largo del proyecto mediante su mezcla con cemento.

#### **4.14.- PROCEDIMIENTO DE ESTABILIDAD UTILIZADOS**

- **Estabilización Mecánico.**

Como en los estudios de suelos para el diseño del pavimento mediante la utilización del método DCP (Ensayos de Penetración Ligera), se encontró que la nueva vía se desarrollo por depósitos de suelos finos tipo arena con un CBR en estado natural de 14% y de limos con un CBR también en estado natural de 4%, se decidió investigar que mejoría se obtendría de estos materiales si se los sometía a procedimiento de compactación.

En este sentido de las muestras obtenidas cada cinco kilómetros se realizaron ensayos de compactación pesado de molde grande y luego se determino el valor de su capacidad de carga, obteniéndose los siguientes resultados indicados en el Cuadro No 10.

#### **CUADRO No 10**

| Abscisa | Densidad seca<br>Max g/cm <sup>3</sup> | % de humedad<br>optima | C.B.R. |
|---------|--|------------------------|--------|
| 5+500   | 1,68                                   | 12                     | 29     |
| 10+500  | 1,86                                   | 12                     | 28     |
| 15+500  | 1,89                                   | 11                     | 33     |
| 20+220  | 1,7                                    | 16                     | 5      |
| 25+500  | 1,68                                   | 14                     | 9      |

De lo cual se desprende que en el caso de los suelos arenosos existe una mejoría en su capacidad de carga del 100% y en el caso de los suelos limosos se mantiene el mismo valor que tenía en su estado natural.

- **Estabilización Química.**

En el caso en estudio se tomaron dos muestras de suelo no plásticos a lo largo del proyecto cuyas granulometrías son las que se indican a continuación en el Cuadro No 11.

**CUADRO No 11**  
**GRANULOMETRIA**

| Tamices | Abscisas % que pasa |        |
|---------|---------------------|--------|
|         | 5+500               | 20+220 |
| 3/8.    | 100                 | 100    |
| No 4    | 85                  | 100    |
| No 10   | 79                  | 89     |
| No 40   | 68                  | 81     |
| No 200  | 26                  | 50     |

Con los datos obtenidos en el ensayo de compactación que se indica en el cuadro No 10 y en la condición de que se trata de un suelo no cohesivo fino, para la estabilización se utilizo el método simplificado de la PCA (Asociación de Cemento Pórtland) y con el auxilio de los gráficos que se indican a continuación, se determino el contenido de cemento al mezclar para fabricar las probetas a utilizar en el ensayo de comprensión simple. (8% para la arena y 10% para la arena limosa).

Una vez fabricadas las probetas, mezclando el suelo, el contenido de cemento determinado anteriormente con el contenido de humedad optimo, después de 7



días de curado y sumergidos cuatro horas en el agua antes del ensayo de compresión, se sometieron dos probetas a compresión simple y una a tracción indirecta con los resultados que se indican a continuación el Cuadro No 12.

**CUADRO No 12**

| Abscisa | Rc (kg/cm <sup>2</sup> ) | RT (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|---------|--------------------------|--------------------------|
| 5+500   | 25                       | 3,4                      |
| 20+220  | 15                       | 2,1                      |

Verificándose que solo el suelo arenoso de la abscisa 5+500 da una resistencia a la compresión mayor a la resistencia mínima especificada en el grafico % de limo mas arcilla vs resistencia a la compresión en kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica que con el suelo arenoso que se encuentra a lo largo del trazado, es factible producir una base de suelo cemento para utilizarla en la estructura del pavimento seleccionado.

#### **4.15.- CRITERIOS DE DISEÑO.**

Para el diseño de la estructura del pavimento, se tomo en cuenta todas las disposiciones indicadas en las normas técnicas en vigencia y las siguientes condiciones estructurales seleccionadas de acuerdo a las características de la vía.

- Pis 4.2
- PSIf 1.7
- APSI 2.5
- R 80%
- So 0.4
- Método de diseño de la AASHTO
- Numero de repeticiones del eje estándar de 8.2 t.

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| Periodo 2018 - 2028           | 618351    |
| - Modulo de resiliencia.      |           |
| Primer tramo                  | 16676 psi |
| Segundo tramo                 | 6000 psi  |
| Factores de drenaje mi        |           |
| Capa de rodadura              | 1         |
| Base, Subbase Granular        | 0.8       |
| Base asfáltica                | 1         |
| Base estabilizada con cemento | 1         |
| Mejoramiento Granular         | 0.8       |
| SN1 (0+000 - 12+500)          | 2.11      |
| SN2 (12+500 - 26+00)          | 3.03      |

#### 4.16.- ALTERNATIVAS DE DISEÑO.

##### Tramo 0+000 – 12+500

A.- Capa de Rodadura asfáltica, Base de suelo cemento, Subrasante escarificada y compactada en un espesor de 20cm.

| NE = 6,2 x 10 <sup>5</sup> |       | SN=2.11 |         |              |
|----------------------------|-------|---------|---------|--------------|
| CAPAS                      | Ai    | mi      | Hi (cm) | SN           |
| Rodadura                   | 0.173 | 1       | 5.5     | 0.957        |
| Base Suelo-Cemento         | 0.070 | 1       | 16.0    | 1.120        |
| Total                      |       |         |         | <b>2.077</b> |

B.- Capa de rodadura asfáltica. Base granular, Subbase granular.

| NE = 6,2 x 10 <sup>5</sup> |       | SN=2.11 |         |              |
|----------------------------|-------|---------|---------|--------------|
| CAPAS                      | Ai    | mi      | Hi (cm) | SN           |
| Rodadura                   | 0.173 | 1       | 5.5     | 0.957        |
| Base Granular Clase 1      | 0.055 | 0.8     | 15.0    | 0.660        |
| Subbase Granular           | 0.043 | 0.8     | 15.0    | 0.516        |
| Total                      |       |         |         | <b>2.133</b> |

C.- Capa de rodadura asfáltica, base asfáltica, subbase granular.

| <b>NE = 6,2 x 10<sup>5</sup></b> |           | <b>SN=2.11</b> |                |              |
|----------------------------------|-----------|----------------|----------------|--------------|
| <b>CAPAS</b>                     | <b>ai</b> | <b>Mi</b>      | <b>Hi (cm)</b> | <b>SN</b>    |
| Rodadura Asfáltica               | 0.173     | 0.0            | 5.5            | 0.957        |
| Base Asfáltica                   | 0.100     | 1.0            | 5.5            | 0.550        |
| Subbase Granular                 | 0.043     | 0.8            | 20.0           | 0.688        |
| Total                            |           |                |                | <b>2.195</b> |

D.- Capa de rodadura de triple tratamiento de material bituminoso, base suelo cemento y subbase granular clase 3.

| <b>NE = 6,2 x 10<sup>5</sup></b> |           | <b>SN=2.11</b> |                |             |
|----------------------------------|-----------|----------------|----------------|-------------|
| <b>CAPAS</b>                     | <b>Ai</b> | <b>mi</b>      | <b>Hi (cm)</b> | <b>SN</b>   |
| Rodadura. TTSB                   | 0.4       | 1              | -              | 0.4         |
| Base Suelo Cemento               | 0.07      | 1              | 15             | 1.05        |
| Subbase Granular                 | 0.043     | 0.8            | 20             | 0.69        |
| Total                            |           |                |                | <b>2.14</b> |

### Tramo 12+500 – 26+000

A.- Capa de rodadura asfáltica, Base asfáltica, subbase granular. Mejoramiento granular.

| <b>NE = 6,2 x 10<sup>5</sup></b> |           | <b>SN=3.07</b> |                |             |
|----------------------------------|-----------|----------------|----------------|-------------|
| <b>CAPAS</b>                     | <b>ai</b> | <b>Mi</b>      | <b>Hi (cm)</b> | <b>SN</b>   |
| Rodadura Asfáltica               | 0.173     | 1.0            | 5.5            | 0.952       |
| Base Asfáltica                   | 0.100     | 1.0            | 10.0           | 1.000       |
| Subbase Granular                 | 0.043     | 0.8            | 20.0           | 0.688       |
| Mejoramiento                     | 0.030     | 0.8            | 20.0           | 0.480       |
| Total                            |           |                |                | <b>3.12</b> |

B.- Capa de rodadura asfáltica, Base Granular, Subbase granular, Mejoramiento granular.

| <b>NE = 6,2 x 10<sup>5</sup></b> |           | <b>SN=3.07</b> |           |           |
|----------------------------------|-----------|----------------|-----------|-----------|
| <b>CAPAS</b>                     | <b>Ai</b> | <b>mi</b>      | <b>hi</b> | <b>SN</b> |
| Rodadura Asfáltica               | 0.173     | 1.0            | 5.5       | 0.952     |
| Base Granular                    | 0.055     | 0.8            | 20.0      | 0.880     |
| Subbase Granular                 | 0.043     | 0.8            | 20.0      | 0.688     |
| Mejoramiento                     | 0.030     | 0.8            | 25.0      | 0.600     |

|       |  |  |  |  |             |
|-------|--|--|--|--|-------------|
| Total |  |  |  |  | <b>3.12</b> |
|-------|--|--|--|--|-------------|

C.- Capa de rodadura asfáltica, Base de suelo cemento y Subbase Granular.

| <b>NE = 6,2 x 10<sup>5</sup></b> |           | <b>SN=3.07</b> |           |              |
|----------------------------------|-----------|----------------|-----------|--------------|
| <b>CAPAS</b>                     | <b>Ai</b> | <b>mi</b>      | <b>hi</b> | <b>SN</b>    |
| Rodadura Asfáltica               | 0.173     | 1.0            | 5.5       | 0.952        |
| Base Suelo-Cemento               | 0.070     | 1.0            | 20.0      | 1.400        |
| Subbase Granular                 | 0.043     | 0.8            | 20.0      | 0.688        |
| Total                            |           |                |           | <b>3.040</b> |

D.- Capa de rodadura Triple Tratamiento Superficial Bituminoso, Base suelo cemento, subbase granular clase 3 y mejoramiento de suelo.

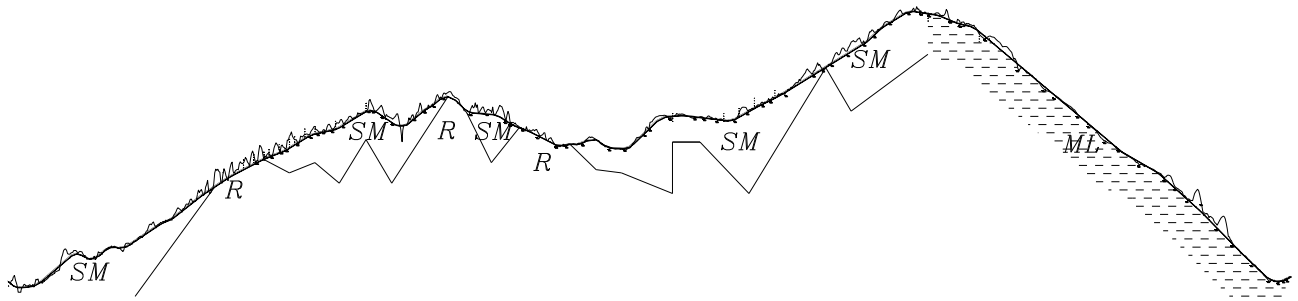
| <b>NE = 6,2 x 10<sup>5</sup></b> |           | <b>SN=3.07</b> |                |              |
|----------------------------------|-----------|----------------|----------------|--------------|
| <b>CAPAS</b>                     | <b>ai</b> | <b>mi</b>      | <b>Hi (cm)</b> | <b>SN</b>    |
| Rodadura. TTSB                   | 0.4       | 1              | -              | 0.400        |
| Base Suelo Cemento               | 0.07      | 1              | 20             | 1.400        |
| Subbase Granular                 | 0.043     | 0.8            | 20             | 0.688        |
| Mejoramiento                     | 0.03      | 0.8            | 25             | 0.600        |
| Total                            |           |                |                | <b>3.088</b> |

## **CAPITULO 5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **CONCLUSIONES**

- ✚ De una manera general la mayor parte de la carretera que se estudio para el proyecto de mi tesis se observa que 18 km se desarrolla por suelos arenosos SP-SM y depósitos de roca alterada, y los 8 km restantes se

encuentra sobre depósitos de limos de baja plasticidad ( ML ) tipo cangagua, tal como se indica en el perfil estratigráfico del trazado.



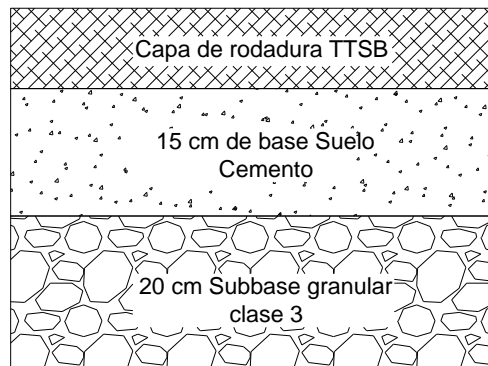
- Se estableció con los estudios realizados dos zonas que por capacidad de carga se pueden clasificar como homogéneas, la primera que va desde el km 0+000 hasta el km 12+500, con un CBR de Diseño en estado natural de 14 % y desde el km 12+500 hasta el km 26+000 con un CBR en estado natural de 4 %.
- En la estabilización mecánica se estableció que en la primera zona el CBR al compactar el suelo se incrementaba a 28 % y en la segunda a 5 %.
- Se comprobó que al ser compactado el material arenoso se obtenía una densidad seca máxima que variaba entre 1.70 a 1.90 Kg.cm<sup>3</sup> con un contenido de humedad óptima de 12 %, en el caso de los suelos limosos se alcanzó una densidad seca máxima de 1.68 Kg.cm<sup>3</sup> con una humedad óptima de 14 %.
- En la inspección para el reconocimiento de la carretera encontramos suficientes yacimientos de materiales de construcción para mejoramiento de Subbase y base de Suelo Cemento.
- Considerando las características de la zona, y la escasez de materiales de construcción para capa de base granular y capa de rodadura asfáltica, se

seleccione como alternativa de pavimento, la que esta conformada por una capa de material de subbase granular, una capa de base de suelo cemento y una capa de rodadura asfáltica.

A.- para el tramo 0+000 – 12+500

| <b>MR=16676psi NE=6,2x10<sup>5</sup> SN=2.11</b> |           |           |           |             |
|--|-----------|-----------|-----------|-------------|
| <b>CAPAS</b>                                     | <b>ai</b> | <b>mi</b> | <b>Hi</b> | <b>SN</b>   |
| Rodadura TTSB                                    | 0.173     | 1.0       | -         | 0.4         |
| Base suelo cemento                               | 0.07      | 1         | 15        | 1.05        |
| Subbase clase 3                                  | 0.043     | 0.8       | 20        | 0.69        |
| Total  |           |           |           | <b>2.14</b> |

### Sección Transversal Seleccionada

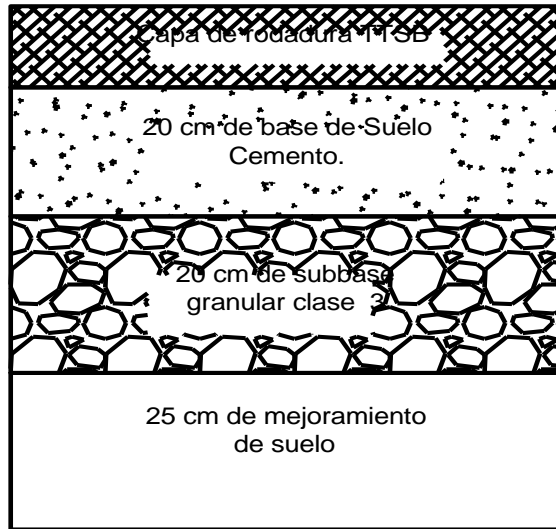


Subrasante compactada al 95% de la densidad seca máxima

B.- Para el tramo 12+500 - 26+000

| <b>MR=6000psi NE=6,2x10<sup>5</sup> SN=3.07</b> |           |           |           |              |
|---|-----------|-----------|-----------|--------------|
| <b>CAPAS</b>                                    | <b>Ai</b> | <b>mi</b> | <b>hi</b> | <b>SN</b>    |
| Rodadura TTSB                                   | 0.4       | 1         | -         | 0.4          |
| Base Suelo-Cemento                              | 0.07      | 1         | 20        | 1.4          |
| Subbase Granular                                | 0.043     | 0.8       | 20        | 0.688        |
| Mejoramiento                                    | 0.03      | 0.8       | 25        | 0.688        |
| Total   |           |           |           | <b>3.088</b> |

### Sección Transversal Seleccionada



Subrasante compactada al 95% de la densidad seca máxima

- Las inclinaciones de los taludes serán las que se indican en los cuadros No 4 y No 5.

**CUADRO No 4:TALUDES DE CORTE RECOMENDADOS**

| ABSCISAS       | UNIDAD                    | TALUD DE CORTE RECOMENDADO |          |  |          |          |
|----------------|---------------------------|----------------------------|----------|--|----------|----------|
|                | GEOLOGICA                 | H=0-10m                    | H=10-15m | H=15-20m   | H=20-30m | H=30-40m |
| 0+000 - 0+200  | Volcánicos del Tungurahua | 1/2 (H): 1(V)              |          | 1/2 (H): 1(V)<br>Con berma de 3m de ancho a la mitad de la altura de corte |          |          |
| 0+200 - 0+245  | Aluvial de cauce          |                            |          |  |          |          |
| 0+245 - 1+000  | Depósito coluvial         | 3/4 (H): 1(V)              |          |  |          |          |
| 1+000 - 4+100  | Formacion Pisayambo       | 3/4 (H): 1(V)              |          | 3/4 (H): 1(V)<br>Con berma de 3m de ancho a la mitad de la altura de corte |          |          |
| 4+100 - 6+600  |                           | 1/4 (H): 1(V)              |          | 1/4 (H): 1(V)<br>Con berma de 3m de ancho a la mitad de la altura de corte |          |          |
| 6+600 - 10+800 |                           | 1/2 (H): 1(V)              |          | 1/4 (H): 1(V)<br>Con berma de 3m de ancho a la mitad de la altura de corte |          |          |
| 10+800-13+620  | Cangagua                  | 1/2 (H): 1(V)              |          |  |          |          |
| 13+650-25+110  | Volcánicos del Igualata   | 1/2 (H): 1(V)              |          | 1/2 (H): 1(V)<br>Con berma de 3m de ancho a la mitad de la altura de corte |          |          |

Las máximas alturas de corte previstas llegarán hasta los 36. 84m. (23+800).

**CUADRO No 5**

**INCLINACION DE TALUDES EN CORTE**

| TRAMO GEOLOGICA | UNIDAD GEOLOGICA | ALTURA DE TALUD |                    |
|-----------------|------------------|-----------------|--------------------|
|                 |                  | 5, 10 ,15       | 20, 25, 30, 35, 40 |
|                 |                  |                 |                    |



|                 |                          |                       |   |
|-----------------|--------------------------|-----------------------|---|
| 0+000 - 0+200   | Volcánicos<br>Tungurahua | $\frac{1}{2}(H):1(V)$ | $\frac{1}{2}(H):1(V)$<br>Con berma de 3m de<br>ancho cada 10m de altura |
| 0+245 - 1+000   | Coluvial                 | $\frac{3}{4}(H):1(V)$ |   |
| 1+000 - 4+100   | Pisayambo                | $\frac{3}{4}(H):1(V)$ | $\frac{3}{4}(H):1(V)$<br>Con berma de 3m de<br>ancho cada 10m de altura |
| 4+100 - 6+600   |                          | $\frac{1}{4}(H):1(V)$ | $\frac{3}{4}(H):1(V)$<br>Con berma de 3m de<br>ancho cada 10m de altura |
| 6+600 - 10+800  |                          | $\frac{1}{2}(H):1(V)$ | $\frac{1}{4}(H):1(V)$<br>Con berma de 3m de<br>ancho cada 10m de altura |
| 10+800 - 13+650 | Cangagua                 | $\frac{1}{2}(H):1(V)$ | $\frac{1}{2}(H):1(V)$<br>Con berma de 3m de<br>ancho cada 10m de altura |
| 13+650 - 26+000 | Igualata                 | $\frac{1}{2}(H):1(V)$ | $\frac{1}{2}(H):1(V)$<br>Con berma de 3m de<br>ancho cada 10m de altura |

Los taludes en los rellenos deberán tener una inclinación de  $2(H):1(V)$ .

- ✚ Los materiales de construcción para las diferentes capas del pavimento se deberá tomar de las minas Chazo y de la abscisa 7+740 y de las canteras Nieto para la capa de rodadura asfáltica.
- ✚ De acuerdo al estudio geológico, se estableció que la mayoría del material de corte el 70% puede ser excavado fácilmente con maquinas convencionales.

- ✚ Así mismo será necesario cambiar el ancho de la sección transversal, especialmente en las zonas inestables del km 4+000 al km 7+000 y realizar diferentes obras de estabilización del macizo rocoso inestable.
- ✚ En una primera corrida se establece que el proyecto prácticamente se desarrollara en corte, por lo cual se ha determinado un volumen de excavación aproximado de 70.000 m<sup>3</sup> por km.
- ✚ Igualmente se ha estimado un volumen de relleno de un 5%; por lo que el volumen total será:

|                    |                         |
|--------------------|-------------------------|
| Volumen de corte   | 1757.700 m <sup>3</sup> |
| Volumen de relleno | 87.885 m <sup>3</sup> . |

## **RECOMENDACIONES.**

- ✚ Los materiales de mejoramiento granular y subbase granular clase I debe ser extraídos de los depósitos seleccionados y deberán cumplir con los requisitos indicados en las especificaciones MOP-001-F-2002. Para este tipo de materiales secciones 402 y 403.

- ✚ La base de suelo cemento estará de acuerdo al diseño presentado en este estudio, el cual deberá verificarse con más ensayos antes de su construcción.
- ✚ El suelo cemento se fabricara con arena que se extraiga de los diferentes depósitos que se encuentren a lo largo de la vía y deberá cumplir lo establecido de las especificaciones en la sección 404 -6
- ✚ La capa de rodadura asfáltica deberá ejecutarse de acuerdo a lo indicado en la especificación MOP-001-F-2002 sección 405-5 y de acuerdo a lo indicado en la formula maestra que se deberá diseñar antes de la construcción.
- ✚ La imprimación deberá cumplir lo indicado en la especificación indicada en la sección 405.1 de las especificaciones MOP-001-F-2002
- ✚ Para su recepción debe cumplir todo lo indicado en la especificación 405-10 del manual de especificaciones generales MOP-001-F-2002.
- ✚ En la ejecución del pavimento también será necesario tomar en cuenta todo lo que sea aplicable para este tipo de estructuras en el manual de especificaciones nacionales en vigencia o cualquier especificación de otras agencias de vialidad a nivel mundial.
- ✚ Se deberá realizar un estudio geológico de detalle entre las abscisas 4+000 y 7+000 para establecer una solución constructiva adecuada que impida que el macizo rocoso de desestabilice.
- ✚ Se recomienda realizar obras de drenaje superficial y subterránea para proteger adecuadamente la estructura del pavimento.

