

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“ESTUDIO DE SUELOS ÓPTIMO PARA LA REHABILITACIÓN DE  
CAMINOS RURALES A MÁS DE 3000MSNM  
CASO: TRAMO SINCOS – PACCHA – MIRAFLORES PROVINCIA  
JAUJA  
JUNIN - PERU”**

**PRESENTADA POR EL BACHILLER  
KARINA THALIA AYRA LOPEZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA CIVIL**

**LIMA – PERÚ  
NOVIEMBRE, 2016**



## **DEDICATORIA**

*A la mujer quien me dio vida y educación, quien me brindó apoyo incondicional en todo momento, quién creyó en mí, a los dos meses de vida hasta ahora y siempre, has sido mi gracia de vivir, a ti madre querida, única en este mundo, Rita Viviana, lopez meza.*

*A mi familia por sus palabras de aliento en toda ocasión, por guiarme a tomar las mejores decisiones, por apoyarme de alguna forma, gracias a todos.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Al padre celestial, por darme fe, por hacerme sentir ese "yo, sí puedo y lo haré, y lo lograré".*

*A mis Maestros Ingenieros, por compartir sus conocimientos adquiridos experimentales y teóricos, que fueron de gran ayuda para mi formación profesional.*

*A mis padres por confiar en mí, por darme una base sólida en mi formación, por las buenas enseñanzas, por la disciplina que me forjó mucho a cumplir mis metas proyectadas.*

*A mis amigos (as), por sus experiencias, anécdotas que compartieron con mi persona en lo profesional.*

## **RESUMEN**

El Estudio de Suelos se ha programado para auscultar e identificar los estratos superficiales y subyacentes que comprenden el camino rural, realizar el muestreo correspondiente, ejecutar ensayos de laboratorio, y finalmente determinar las propiedades índices y geotécnicas de los suelos que conforman la subrasante de la vía.

La presente tesis profesional corresponde al Estudio de Suelos, Canteras y Pavimentos del proyecto Rehabilitación del Camino Rural Sincos - Paccha - Miraflores - Casablanca, el cual se ha desarrollado dentro los lineamientos que establecen los términos de referencia, y que abarca aproximadamente una longitud de 31 kilómetros y está ubicado entre los distritos de Sincos y Paccha, provincia de Jauja, departamento de Junín.

Por la necesidad de disponer de una buena infraestructura básica de transportes en el departamento de Junín, para mejorar el nivel de vida de la población dedicada principalmente a la actividad agropecuaria, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través del PROVIAS ha creído conveniente la implementación del Proyecto de Rehabilitación del camino en mención.

**Palabras clave: Estudio de Suelos Óptimo**

## **ABSTRACT**

The Soil Study is scheduled for auscultation and identify surface and underlying strata comprising the rural road, make the appropriate sampling run laboratory tests, and finally determine the rates and geotechnical properties of the soils of subgrade of the road .

This professional thesis corresponds to Soil Study, Quarries and paving the Rehabilitation Project Rural Road Sincos - Paccha - Miraflores - Casablanca, which has been developed within the guidelines set forth the terms of reference and covering approximately a length of 31 kilometers and is located between the districts of Sincos and Paccha province of Jauja, Junin department.

The need for good basic transport infrastructure in the department of Junin, to improve the standard of living of the population dedicated to farming, the Ministry of Transport and Communications through PROVIAS has seen fit to implementation road Rehabilitation project in question.

**Keywords: Optimal soil survey**

## **INTRODUCCIÓN**

El trabajo de investigación que presento tiene como objetivo detallar la manera óptima de realizar estudios de mecánica de suelos para carreteras en forma óptima lógica y secuencial.

Como se realiza un estudio de suelos para carreteras, con el fin de determinar la capacidad de soporte del suelo de fundación así mismo como se realiza estudios de canteras para determinar los materiales adecuados y el diseño de pavimentos.

Los países alcanzan su desarrollo en aspectos socioeconómicos si cuentan con buenas carreteras.

Es por ello que las carreteras constituyen el medio de comunicación, además el medio para transporte de carga y pasajeros, los beneficios que se generan están en el ámbito de los centros poblados con sus respectivas grados de acción cabe mencionar que la vida útil de una carretera está en el orden no menor a los veinte años por lo tanto es de suma importancia contar con estudios de suelos idóneos para evaluar subrasantes, subbases y bases de buena calidad, por consiguiente al tener buenos materiales aprovechables para la carretera se tendrá un pavimento de larga vida pero así mismo se deberá tener en cuenta el mantenimiento periódico.

Con respecto al estudio de suelos se tratará de precisar y determinar las características físicas mecánicas de los materiales y de las muestras de la

---

actual vía en servicio, en la etapa de reconocimiento se planifico el trabajo tanto en el campo, laboratorio y gabinete.

## **ÍNDICE**

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>I</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>II</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>III</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>IV</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>VI</b>

### **CAPITULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2 OBJETIVOS	1
1.3 HIPÓTESIS	2
1.4 METODOLOGÍA	2
1.5 EVALUACIÓN DE SUELOS, CANTERAS Y FUENTES DE AGUA	3

### **CAPITULO II: PAVIMENTOS**

2.1 GEOLOGÍA	13
--------------	----



---

2.2	INVESTIGACIÓN DE CAMPO	20
2.3	SUELOS DE LA SUBRASANTE – ZONIFICACIÓN	22
2.4	DISEÑO DE PAVIMENTO	35

### **CAPITULO III: ANÁLISIS DE TRÁFICO**

3.1	GENERALIDADES	59
3.2	OBJETIVOS	59
3.3	METODOLOGÍA	59
3.4	DATOS DEL AFORO DE TRÁFICO	60
3.5	FRECUENCIA DE LOS SERVICIOS	64
3.6	NUMERO DE EMPRESAS DE TRANSPORTE	66
3.7	ORIGEN Y DESTINO DEL TRÁNSITO	66
3.8	TIEMPO PROMEDIO DE VIAJE	68
3.9	COSTO PROMEDIO DE TRANSPORTE	68
3.10	ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE FLETES LUEGO DE LA REHABILITACIÓN	69
3.11	TRANSITO NO MOTORIZADO	70
3.12	CAMBIOS DEBIDO A LA REHABILITACIÓN	73
3.13	COMPOSICIÓN VEHICULAR POR EFECTO DE LA REHABILITACIÓN DEL CAMINO	73
3.14	TRAFICO MEDIO DIARIO	77
3.15	PROYECCIONES DEL TRAFICO	80

### **CAPITULO IV: ESTABILIDAD DE TALUDES**

4.1	GENERALIDADES	83
4.2	IDENTIFICACIÓN DE ZONAS INESTABLES	84
4.3	ESTABILIZACIÓN DE TALUDES	87

## **CAPITULO V: CANTERAS Y FUENTES DE AGUA**

5.1	METODOLOGÍA DE TRABAJO	90
5.2	ENSAYOS DE LABORATORIO	90
5.3	EXPLORACIÓN DE FUENTES DE MATERIALES	91
5.4	FUENTES DE AGUA	101

## **CAPITULO VI: BOTADEROS**

6.1	IDENTIFICACIÓN DE BOTADEROS	105
6.2	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE RESTAURACIÓN DE BOTADEROS	106

## **CAPITULO VII: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

7.1	PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL	110
-----	-------------------------------	-----

	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>129</b>
--	---------------------	------------

	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>133</b>
--	------------------------	------------

	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>139</b>
--	---------------------	------------

## **CAPITULO I**

### **GENERALIDADES**

#### **1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Con la finalidad de establecer los parámetros geotécnicos determinantes, la tecnología seguida para realizar los estudios comprendió etapas de investigación de campo durante la cual se realizaron pozos exploratorios (calicatas) obteniéndose muestra que fueron objetos de ensayos de laboratorio y finalmente con la información obtenida en ambas fases se realizaron labores de gabinete para consignar los resultados finales del estudio para su posterior evaluación económica. La investigación del laboratorio comprende el análisis granulométrico, evaluación de los constantes físicos, clasificación de suelos, ensayo especiales tales como el proctor modificado, CBR.

El ensayo del proctor me permite determinar los parámetros de máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad en el laboratorio de mecánica de suelos. En el campo a través del ensayo del cono de arena puedo obtener el grado de compactación de la capa estructural del pavimento terreo. El valor del CBR me permite determinar la altura total de la vía terrestre y las alturas de las respectivas capas estructurales de acuerdo con el valor de tráfico y el número estructural.

#### **1.2. OBJETIVOS**

##### **1.2.1. Objetivo general**

El objetivo general del estudio de suelos, canteras y pavimentos del proyecto Rehabilitación del Camino Rural Sincos - Paccha - Miraflores - Casablanca, es el de identificar la subrasante, las canteras, fuentes de agua, problemas de geodinámica externa: e interpretar resultados, con los cuales estimar los espesores de la capa de afirmado.

### **1.2.2. Objetivos específicos.**

Son objetivos específicos del estudio de suelos, los siguientes.

- 1.-Inferir el perfil estratigráfico del suelo de la subrasante a fin de auscultar y realizar el muestreo correspondiente.
- 2.-Determinar las características físicas y mecánicas de las muestras de suelos y canteras necesarias para el desarrollo el proyecto.
- 3.-Determinar las características químicas de muestras de las fuentes de agua a fin de determinar su calidad para elaborar concreto.
- 4.-Identificar los problemas de geodinámica externa a fin de recomendar las medidas de mitigación que eviten, reduzcan o controlen el desarrollo de los mismos.

### **1.3. HIPOTESIS**

#### **1.3.1. Hipótesis general**

Se podrán desarrollar estudios de mecánica de suelos óptimos para la construcción de vías terrestres, si es que se siguen las normas y reglamentos del MTC2013.

#### **1.3.2. Hipótesis Específica**

Los estudios de mecánica de suelos podrán dar datos óptimos para la construcción de vías terrestres aplicando la normatividad para vías terrestres a más de 3000 MSNM.

### **1.4. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

El programa de trabajo para la investigación consiste en:

- Recopilación de la información existente.
- Prospección geológica - geotécnica de la zona.
- Ubicación y ejecución de pozos exploratorios.
- Toma de muestras alteradas e inalteradas del suelo.
- Realización de los ensayos de laboratorio.
- Elaboración del perfil estratigráfico.
- Conclusiones y recomendaciones.

## **1.5. EVALUACION DE SUELOS, CANTERAS Y FUENTES DE AGUA**

Para la evaluación de las características de los materiales en el eje de la actual vía, se llevaron a cabo labores de campo, ensayos de laboratorio y gabinete.

Asimismo, en el reconocimiento de campo de aquellos lugares considerados como probables fuentes para el aprovisionamiento de materiales, tanto para la construcción del pavimento como para las obras de arte y alcantarillado, se partió de la información existente de estudios anteriores y de la propia, que se ha obtenido en la zona, habiéndose efectuado las evaluaciones.

Concluida la perforación de cada pozo, se delimitó y describió los estratos que conformaban las paredes del mismo, realizándose un muestreo sistemático de los materiales representativos, los que se depositaron en envases de polietileno con su respectiva tarjeta de identificación, para ser trasladados al Laboratorio de Mecánica de Suelos en la ciudad de Lima.

También se efectuó una evaluación de la capacidad portante de los suelos de la subrasante mediante ensayos de Valor soporte California (California Bearing Ratio) en laboratorio, para lo cual fueron extraídas muestras típicas del material de subrasante para tramos de hasta 4.0 Km. De longitud.

En lo referente a canteras, el trabajo de campo efectuado ha consistido en la exploración, ubicación, levantamiento planimétrico, calicateo y muestreo de las canteras existentes en la zona del proyecto encontradas aptas luego de una inspección.

Finalmente, en lo que respecta a fuentes de agua, el trabajo de campo efectuado a consistido en la ubicación y toma de muestras de las aguas, tanto en las quebradas, como en ríos, a fin de ser sometidas a los ensayos de calidad respectivos.

### **1.5.1. ENSAYOS DE LABORATORIO**

#### **MECÁNICA DE SUELOS**

De los materiales obtenidos de las calicatas efectuadas a lo largo del eje de la vía, se tomaron muestras representativas para determinar su calidad mediante los ensayos necesarios según los requerimientos de la estructura del pavimento.

La clasificación se hizo siguiendo la norma ASTM D - 2488 "Práctica recomendada para la descripción de Suelos". Luego, las muestras fueron sometidas a los siguientes ensayos:

#### **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS**

Se realizaron análisis granulométricos por tamizado con la Serie Americana de Tamices de acuerdo a lo especificado en la norma ASTM D - 422. La fracción menor que la malla # 200 se determinó por vía húmeda.

Los análisis granulométricos efectuados con las muestras de suelos del eje de la carretera presentan un tamaño menor que la malla # 4 en un 75 %, estando constituido el 25% restante por gravas y cantos angulares, incluidos dentro de los suelos limo - arcillosos o arenosos.

La cantidad de elementos finos que pasa la malla # 200 varía entre 0 -20 en un 80% de los casos; entre 20 - 42 en un 20%, no existiendo en ningún caso más del 42% en peso de materiales finos que pasen la malla # 200.

## **CONSTANTES FÍSICAS**

Con la fracción menor que el tamiz # 40 se determinaron los límites de Atterberg según procedimientos ASTM D - 423 y D - 424 respectivamente. Una vez obtenida esta información se procedió a clasificar los suelos por el método del Índice de Grupo de la AASHTO.

Los suelos del eje actual presentan una plasticidad de baja a media existiendo cierto equilibrio en la distribución de las plasticidades encima y debajo de la línea "A". La totalidad de los suelos analizados presentan un límite líquido menor de 50.

### **1.5.2. CANTERAS**

Se llama cantera a la fuente de aprovisionamiento de suelos y rocas necesarios para la construcción de una obra. Dependiendo del tipo de materiales que se busque, puede ser: de suelos, de rocas o mixtas. En lo que sigue, sólo se tratarán las canteras de suelos como materiales de préstamo para terraplenes, estabilizaciones, como sub-base y bases o como agregados para la elaboración de concretos de Cemento Portland y Asfáltico.

En resumen se dice que una cantera es mejor:

- Por su calidad;
- Por su potencia y rendimiento;
- Por su accesibilidad y estado de las vías de acceso;
- Por su situación legal.

Para nuestro caso los materiales obtenidos como muestras representativas en las calicatas de canteras, se determinó su calidad mediante los siguientes ensayos:

- Análisis Granulométricos
- Límite Líquido
- Límite Plástico
- Proctor Modificado
- C.B.R.
- Ensayo de Abrasión de "Los Ángeles"
- Ensayo de Estabilidad ( $NA_2SO_4$ )
- Ensayo de Equivalencia de la Arena
- Peso Unitario
- Peso específico base seca
- Peso específico base saturada a Peso específico aparente
- Absorción
- Ensayo de Adherencia de la Piedra (Revestimiento - Desprendimiento)
- Ensayo de Riedel Weber.

#### **Ensayo de Abrasión (ASTM D-131) (AASHTO T-96)**

Toda la porción gruesa, debe tener dureza no menor de 40, en la máquina de "Los Ángeles". El comportamiento de los inertes con el bitumen, depende de la naturaleza del inerte.

- Por su situación legal.

Para nuestro caso los materiales obtenidos como muestras representativas en las calicatas de canteras, se determinó su calidad mediante los siguientes ensayos:

- Análisis Granulométricos
- Límite Líquido
- Límite Plástico
- Proctor Modificado



- C.B.R.
- Ensayo de Abrasión de "Los Angeles"
- Ensayo de Estabilidad ( $\text{NA}_2\text{SO}_4$ )
- Ensayo de Equivalencia de la Arena
- Peso Unitario
- Peso específico base seca
- Peso específico base saturada
- Peso específico aparente
- Absorción
- Ensayo de Adherencia de la Piedra (Revestimiento - Desprendimiento)
- Ensayo de Riedel Weber.

#### **Ensayo de Abrasión (ASTM D-131) (AASHTO T-96)**

Toda la porción gruesa, debe tener dureza no menor de 40, en la máquina de "Los Ángeles". El comportamiento de los inertes con el bitumen, depende de la naturaleza del inerte, así las cuarcitas y los granitos, tienen poca afinidad con él y, en cambio, las calizas tienen una afinidad notable. En consecuencia, conviene el uso (preferencia) de materiales que tengan afinidad.

La porción fina, no debe ser plástica, ya que esta propiedad caracteriza a las arcillas, las que tienen los siguientes inconvenientes:

2. Formar, sobre los otros inertes, una capa que impide la adherencia Asfáltica y,
3. Sufrir con la humedad cambios de volumen que producen, a su vez, esponjamientos y entumecimientos de la carpeta Asfáltica.

### **Ensayo de Estabilidad (AASHTO T-104)**

Las piedras que se disgregan en proporción importante bajo a acción de los agentes atmosféricos se llaman "Inestables", la pizarra es un material inestable típico porque el agua entra en él y se hiela, causando su disgregación. Las piedras inestables resultan evidentemente insatisfactorias como áridos para pavimentos asfálticos, especialmente como áridos de cubrición que tienen una gran porción de su superficie expuesta a los agentes atmosféricos.

En ensayos de estabilidad (AASHTO T-104) se realiza sumergiendo la piedra en una solución saturada de sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) hasta saturación total y secándola en estufa alternativamente; este proceso de saturación y secado forma un ciclo. Una piedra inestable se desintegra, divide en pedazos o trozos, se agrieta o desprende escamas después de muy pocos ciclos.

### **Ensayo de Equivalencia de la Arena (AASHTO T-176)**

El Ensayo de Equivalencia de Arena (Hveem) ha obtenido gran popularidad como medio de descubrir el exceso de arcilla en los áridos. Este ensayo es un medio rápido para separar las partículas más finas arcillosas de los granos más grueso o arena. Las proporciones relativas de los dos tipos de material se comparan volumétricamente de un modo arbitrario por un procedimiento que tienden a ampliar el volumen de la arcilla en proporción a sus efectos perjudiciales.

### **Peso Unitario (AASHTO T-19 )**

El peso unitario húmedo es el peso por metro cúbico del material "in situ" incluyendo el agua que contiene. Peso unitario seco o densidad seca es el peso del material sólido por metro cúbico de suelo "in situ"

### **Peso Especifico**

El peso específico de un agregado es el cociente entre el peso de un volumen unitario de material y el peso de igual volumen de agua a temperatura entre 20 y 25 °C (68 y 77 °F). Existen tres tipos aceptables de pesos específicos de los agregados, los que dependen de volumen de la partícula.

#### **Peso específico aparente.**

El peso específico aparente considera al volumen del agregado como el volumen total excluyendo el volumen o capilares que pueden llenarse de agua en 24 horas de embebimiento.

#### **Peso específico bruto.**

El peso específico bruto considera el volumen total de las partículas del agregado, incluyendo los poros que pueden ser llenados con agua en 24 horas de embebimiento.

#### **Peso específico efectivo.**

El peso específico efectivo considera el volumen total del agregado excluyendo al volumen de poros que absorbe asfalto.

## **Absorción**

La porosidad del agregado se indica comúnmente por la cantidad de líquido que absorbe cuando se lo embebe en agua. Un agregado poroso absorberá agua, lo cual hace que una mezcla asfáltica sea seca o menos cohesiva.

En esas mezclas deberá ser incorporada una cantidad extra de asfalto para satisfacer la absorción del agregado. Los agregados muy porosos, tienden a requerir una cantidad significativa de asfalto extra para compensar el alto grado de absorción. Los agregados altamente porosos no son normalmente usados, a menos que posean otras cualidades que los hagan ventajosos a pesar de su mayor absorción. La escoria de altos hornos y muchos agregados sintéticos o manufacturados son materiales livianos y altamente porosos. Pero su escaso peso y sus propiedades de resistencia preponderan sobre la consideración de su alta absorción para ser usados en la construcción de pavimentos.

## **Ensayo de Adherencia de la Piedra (Revestimiento - Desprendimiento) ASTM D 1664**

El Desprendimiento - separación de la película de asfalto del agregado por acción del agua, puede hacer que un material no sea conveniente para ser usado en mezclas asfálticas de pavimentación. Los agregados silíceos tales como la cuarcita y algunos granitos son ejemplos de agregados que pueden requerir atención desde el punto de vista del desprendimiento. Los agregados que exhiben un alto grado de resistencia al desprendimiento de la película asfáltica en presencia de agua, son usualmente los más convenientes en las mezclas para pavimentos. Las piedras calizas, dolomitas y basalto son usualmente de alta resistencia al desprendimiento de la película de asfalto.

Para la determinación del Revestimiento y Desprendimiento del asfalto - agregado en las mezclas se describe en ASTM D1664. La mezcla sin compactar se sumerge en agua y evalúa visualmente las partículas recubiertas.

### **Ensayo de Riedel Weber**

Determina el grado de adherencia entre la arena y el asfalto cuando están sometidos a efectos de humedad. El ensayo consiste en someter una muestra árido ligante a la acción de una sustancia acuosa (carbonato de Sodio) la cual actúa desplazando al ligante.

Cuando se deben usar agregados no convenientes ó cuestionables, frecuentemente se les puede emplear e forma satisfactoria si se alcanza una relación densidad vacíos deseable, mediante el ajuste de la graduación y el contenido de asfalto. La granulometría del material cuestionable puede ser ajustada mediante la combinación con otros agregados. La selección del contenido de asfalto apropiado para la reducción de los vacíos, dará al pavimento compactado mayor impermeabilidad. Tales pavimentos serán resistentes a los efectos perjudiciales del agua.

Los resultados de los ensayos de laboratorio para el análisis de los materiales de canteras se presentan en cuadros adjuntos.

#### **3.1.1. FUENTES DE AGUA**

De las fuentes de agua obtenidas como muestras representativas determinó su calidad mediante los siguientes ensayos, según norma ITINTEC 339.088:

Sales solubles

Materia Orgánica

Potencial de Hidrógeno

### **3.1.2. TRABAJO DE GABINETE**

Con los resultados obtenidos en los trabajos de campo y laboratorio se han efectuado los cálculos, gráficos e interpretación de los suelos.

En base a estos registros de campo del eje de la carretera actual y a los resultados obtenidos en el laboratorio, se procedió a la elaboración del perfil estratigráfico del tramo.

Los trabajos de gabinete para las canteras comprendieron la confección del diagrama de canteras, cálculos de áreas y estimación de potencias. Se efectuaron los cálculos complementarios de los ensayos de laboratorio y se confeccionaron los gráficos y cuadros finales de los resultados de los ensayos de laboratorio. Finalmente, en base a la eficiencia de los materiales y a los tratamientos requeridos para su optimización, se establecieron los rendimientos de cada una de las canteras.

Los trabajos de gabinete para las fuentes de agua comprendieron la confección del diagrama de fuentes y cálculos para los costos de riego.

## **CAPITULO II**

### **PAVIMENTOS**

#### **2.1 GEOLOGÍA**

En el tramo del Camino Rural que une la ciudad de Sincos con la localidad de Miraflores, y la localidad de Miraflores con el centro poblado Casablanca, se observan vestigios de diversos procesos y eventos geológicos tales como: la actividad magmática, la sedimentación, el plegamiento y fracturamiento, la remoción y acumulación pluvio-fluvial o pluvio-glacial, la deformación y ruptura, acompañados de sismos y el proceso de intemperización de variable profundidad e intensidad que ha afectado a las formaciones rocosas, más la actividad biológica en ambiente de la cordillera occidental; todos ellos, analizados en el mapa geológico del cuadrángulo de Jauja (hoja 24 m) y verificado en campo; y, que, además, ocurrieron en varias fases y edades que fluctúan del Cuaternario, Devoniano, Triásico, Jurásico y Terciario con sus respectivas fases.

En esas edades, se produjo además, intensa actividad tectónica con predominancia de plegamientos, sedimentación, sucesión, depositación, deformación, erosión y actividad magmática ligada al vulcanismo, eventos que dieron origen a las altas mesetas de la cordillera central y occidental de los Andes. Debido a esta intensa actividad tectónica, aún se puede observar restos de la superficie "puna", la cual fue profundamente erosionada por los glaciares y la escorrentía superficial, además se produjeron depositaciones de lutitas, areniscas y conglomerados rojos en ambiente continental.

La zona presenta un relieve resultado de la acción geodinámica de la cordillera occidental. En base a criterios morfológicos, litológicos y estructurales se afirma que la zona de estudio se encuentra ubicada en la Unidad Geomorfológica Altas Cumbres.

La erosión del área es moderada debido a la naturaleza y composición litológica, siendo generalmente efectuada por las aguas pluvio-aluviales, que generan geoformas características como: altas mesetas valles, estrechos, quebradas profundas, etc.

### **2.1.1 ESTRATIGRAFÍA**

Las observaciones de campo, revelan la existencia de una superposición de ciclos sedimentarios ligados a una intensa actividad paleotectónica que van del Precámbrico al Cuaternario. Entre las unidades litoestratigráficas que se fueron formando en el Terciario medio, Terciario superior, hasta el Cuaternario reciente, destacan:

**Unidad Litoestratigráfica T3 (Terrazas Fluvioglaciares):** Son depósitos ligados a la tercera glaciación que ocurrió en el Cuaternario. Tiene material bien redondeado y lavado; que consiste en gran parte de cantos rodados arrancados a terrazas más antiguas. El lecho del río está ocupado por un material aluvial más reciente. Está localizada en el centro poblado de Sincos al pie de loma.

**Unidad Estratigráfica Qp-i (Formación Jauia):** Se distribuyen desde el pie de monte o loma hasta Chacrampa. Se formó en el Pleistoceno lacustre. Es una serie mayormente arcillosa, aunque también se encuentran conglomerados, areniscas arcillosas de grano fino de color claro, que tienen una potencia de 200 m en promedio.



**Unidad Litoestratigráfica Qr-flq (Depósitos Fluvioglaciares):** Es una unidad de la era Cenozoica del Cuaternario reciente y se encuentra ubicada en las zonas planas adyacentes a Llacuaripampa y Aramachay. Son depósitos recientes del Cuaternario y constituyen el material acarreado por medio fluvial (agua) y glaciar (hielo) que se depositó con características de erosión fluvial producto del deshielo y que guarda relación con el proceso erosivo activo por el levantamiento andino y las diferentes etapas de glaciación. Están constituidas por gravas, arenas, limos algo consolidados con cierta estratificación, clastos subredondeados a subangulares y los fragmentos son de composición variable dependiendo del lugar de procedencia.

**Unidad Litoestratigráfica TR m-ch (serie basa) Formación Chambará):** Es una formación Mesozoica del terciario medio. Esta serie comprende una alternancia de areniscas groseras, blancas a rojizas, las cuales descansan sobre niveles arcillosos de yeso. Se encuentran igualmente intercalaciones detríticas provenientes del material volcánico básico y tufos; su color blanquecino es variable. Sus niveles verdosos corresponden a niveles ricos de glauconita. Se ubican en fajas orientadas al Noroeste que se distribuyen en las laderas empinadas cercanas a Chacrampa.

**Unidad Litoestratigráfica TR s-ch ( Formación Chambará):** Es una formación Mesozoica del Triásico superior. Es exclusivamente calcárea. Se caracteriza por constituir una secuencia intemperizada de color amarillo cremoso. Se distinguen nódulos de cherts de formas irregulares o lentes paralelos a la estratificación. Se ubica en Cuti Cuti.

**Unidad Estratigráfica Ji-a (formación Aramachay):** Es una formación Mesozoica del Triásico inferior. Se caracteriza por presentar calizas tubulares de color gris oscuro a bituminoso, con niveles margosos y silícicos negros con abundante material orgánico, con la presencia de fósiles que la caracteriza. El grosor es variable, y por lo general es bastante delgado. Las capas se presentan pobremente expuestas por la poca resistencia a la erosión. Está formado principalmente por lutitas negras, calizas y lodos bituminosos y material rico en fosfatos, vanadio, selenio y otros minerales. En pequeñas porciones que se observan, se encuentran calizas en bancos delgados con nódulos de chert y otros.

**Unidad Litoestratigráfica Ji-c (Formación Condorsinga):** Corresponde a la Mesozoica del Jurásico inferior. Están constituidas por calizas grises de capas delgadas, ligeramente masivas bien estratificadas, con ciertas intercalaciones de calizas dolomíticas. También se pueden observar calizas beige a gris en bancos de grano medio, masiva; ocasionalmente contiene nódulos de chert e incipiente estratificación sesgada. Es una serie calcárea que representa la parte superior del Grupo Pucará. Es una serie muy monótona y bastante potente; se observa en el Sinclinal de Llacuaripampa. Esta formación es muy representativa en la zona y se puede observar entre Aramachay hacia Cuti Cuti.

**Perfil estratigráfico:** el perfil estratigráfico de la zona de estudio en general es heterogéneo, principalmente es el resultado de un proceso de meteorización y/o descomposición de la roca in situ, o sea, el suelo superficial derivado no ha sido transportado de su localización original.

Es un perfil compuesto en profundidad por materiales muy heterogéneos que van desde la roca sana pasando por rocas meteorizadas y en la superficie están convertidos en suelo residual o material completamente meteorizado (Brand y Phillipson - 1985), en los valles y mesetas están cubiertos por depósitos transportados, en los flancos de la carretera se observan aleatoriamente coluvios o coluviones.

El espesor de los estratos residuales y transportados es variable, en aproximadamente 10% de la zona de estudio aflora roca moderadamente a altamente meteorizada, o en su defecto la capa de suelo que lo cubre es de espesor despreciable.

Las condiciones hidrogeológicas del área se caracterizan por la existencia aleatoria de acuíferos.

### **2.1.2 RIESGOS GEOLÓGICOS**

**Geodinámica externa.-** Los riesgos geológicos, como deslizamientos, derrumbes, desprendimiento de rocas, erosión de laderas, están relacionados a las fuertes pendientes, abundantes precipitaciones, mal uso de las tierras de cultivo y a la ocurrencia de sismos. En la zona de estudio se observan:

#### **a.- Derrumbes.-**

Es la caída repentina de una porción de suelo o roca por pérdida de la resistencia al esfuerzo cortante, suele estar condicionado por la presencia de discontinuidades o grietas. Generalmente ocurren en taludes de fuerte pendiente.

**b.- Deslizamientos.-**

Es la ruptura o desplazamiento pendiente abajo y hacia fuera, de pequeñas a grandes masas de suelo, rocas o combinaciones de estos en un talud natural o artificial.

Se caracteriza por presentar necesariamente un plano de deslizamiento o falla a lo largo del cual se produce el movimiento que puede ser lento o violento. A la fecha, las evidencias de antiguos deslizamientos observados durante la prospección se muestran inactivos y relativamente estabilizados.

**c.- Desprendimiento de rocas.-**

Son caídas violentas de fragmentos rocosos de diversos tamaños, en forma libre, saltos, rebote y rodamiento por pérdida de la cohesión. En la zona de estudio se evidencia desprendimientos de rocas muy puntual, debido al corte realizado para ejecutar la trocha carrozable existente.

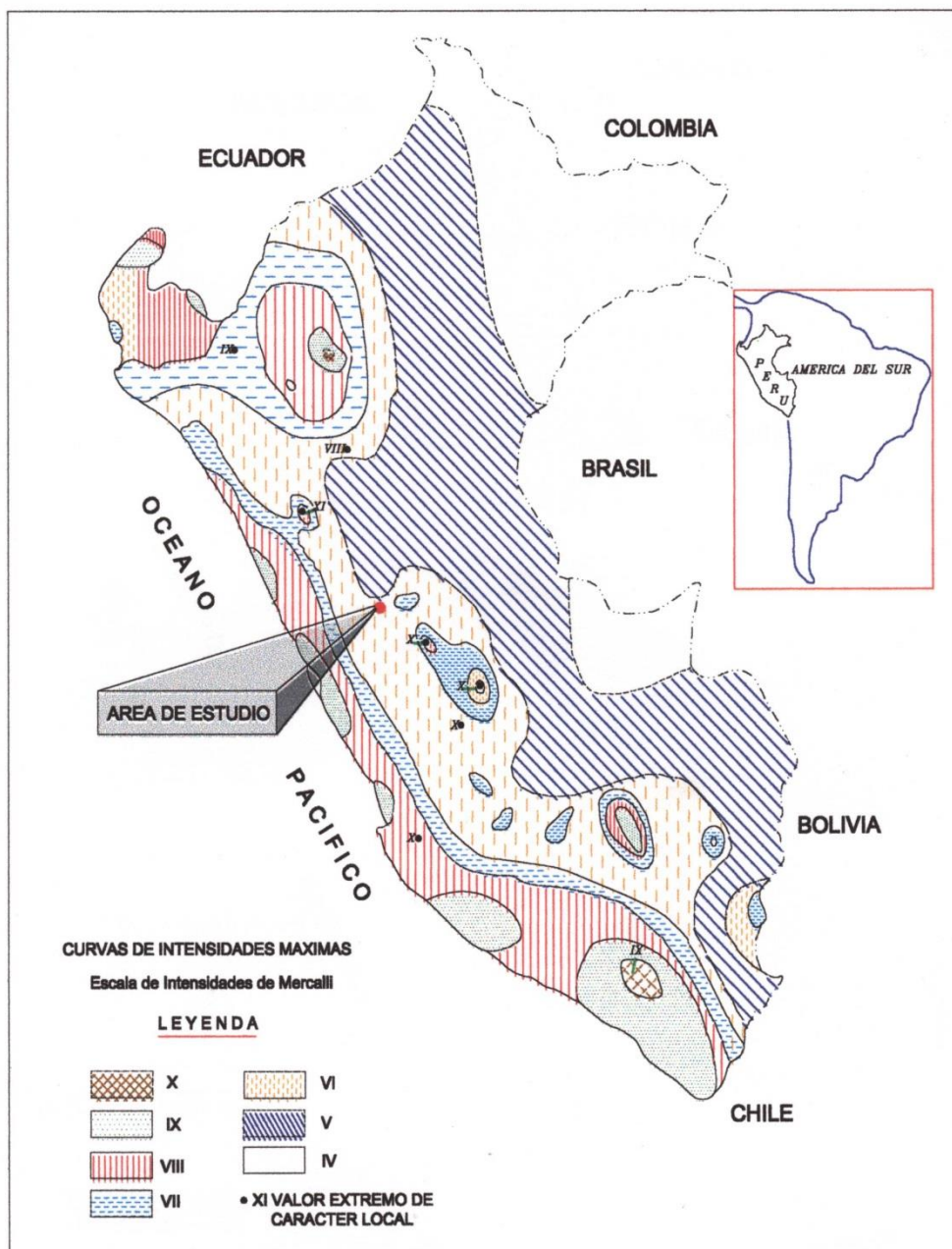
**d. - Erosión de laderas.-**

Se entiende por erosión de laderas todos los procesos que ocasionan el desgaste y traslado de los materiales de superficie (suelo o roca) por el continuo ataque de agentes erosivos tales como: agua de lluvias, escurrimiento superficial, vientos, etc, que tienden a degradar la superficie natural del terreno. En lugares puntuales, el suelo, producto del proceso de intemperización de estas montañas rocosas, y debido a la erosión que produjo el corte realizado para la trocha carrozable existente, presenta lugares puntuales de erosión de laderas.

Del análisis de los peligros geológicos de geodinámica externa de ocurrencia en la zona de estudio, en condiciones normales, se puede concluir que su significancia geológica es de relativa importancia (no se consideran eventos excepcionales), que debe acompañarse con un programa de perfilado, limpieza y forestación o reforestación de ser necesario, con el objeto de prevenir la generación de riesgos que afecten la estabilidad integral del proyecto.

### **GEODINÁMICA INTERNA**

De acuerdo al análisis sismo tectónico se considera que en la tierra existen dos zonas muy importantes de actividad sísmica conocidas como *Círculo Alpino Himalayo* y el *Círculo Circumpacífico*. En esta última zona está localizado nuestro país, considerado como una región de alta actividad sísmica. La secuencia de sismos más notables que han ocurrido en el Perú ha sido resumida por Silgado (1978). En la figura N° 1 se presenta el *Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas* observadas en el Perú, basada en isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades de sismos históricos y recientes (Alva et. al 1984), del cual se concluye que de acuerdo al área sísmica donde se ubica la zona de estudio, existe la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades del orden de VI en la escala de Mercalli Modificada.



## 2.2 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

### 2.2.1 EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO

Previa zonificación, se han excavado calicatas convenientemente distanciadas, ubicándose en el lado derecho o, izquierdo de la plataforma, respecto al kilometraje de inicio o sea al km 0+000, utilizando herramientas manuales, a partir del nivel de rasante actual hasta una profundidad mínima de 1.20 m.

En total se han excavado treinta y una calicatas y se han denominado como C-01 al C-31. ver ANEXOS: Registro de Excavaciones (perfiles estratigráficos). Las excavaciones a cielo abierto tienen como finalidad explorar en profundidad las características geotécnicas del subsuelo y extraer las muestras alteradas e inalteradas necesarias para su identificación y clasificación en el laboratorio, respetando los procedimientos recomendados por la American Standard for Testing Materials (ASTM).

Las muestras disturbadas representativas de suelos que conforman la subrasante se han obtenido en cantidades suficientes para realizar los ensayos correspondientes, habiendo sido debidamente identificadas y embaladas en bolsas plásticas y de polietileno para su conservación y traslado al laboratorio. En los registros de excavación se han anotado el espesor de los estratos de suelo, y aplicando el procedimiento de campo (visual-manual) se han obtenido la clasificación de Suelos (Sistema Unificada de Clasificación de Suelos) que se corrobora con los ensayos de laboratorio.

### 2.2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos estándares se han llevado a cabo en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la Empresa GEOTECN S.R.L., en la ciudad de Huánuco.

Para determinar las propiedades índice y geotécnicas de las muestras se programó realizar los siguientes ensayos de acuerdo a los procedimientos de la *American Society for Testing and Materials* (ASTM) que se indican a continuación:

Contenido de humedad	D 2216
Peso Unitario Volumétrico	D 2937
Análisis granulométrico por tamizado	D 422

Limite Líquido, plástico e índice de plasticidad	D 4318
Próctor Modificado (compactación)	D 1557
Razón de soporte California (C.B,R)	D 1883
Clasificación de suelos, sistema SUCS	D 2487
Clasificación de suelos, sistema AASHTO	D 3282

**Valuación de resultados.-** Comprende el análisis de los resultados de laboratorio y descripciones de campo, preparación de fichas de perfiles estratigráficos y excavaciones efectuadas, elaboración de mapas de zonificación, cuadros, gráficos e ilustraciones, descripción de fotografías y redacción del informe final.

El resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio de las muestras de la subrasante se muestra en los cuadros N° 1-a, N° 1-b y N° 06.

## **2.3 SUELOS DE LA SUBRASANTE - ZONIFICACIÓN**

### **2.3.1 CLASIFICACIÓN**

Por los objetivos y alcances del presente estudio se ha realizado la clasificación de las muestras de suelos por los siguientes sistemas:

AASHTO de *American Association of State Highway and Transportation Officials.*

ASTM D - 3282 ó AASHO M – 145

SUCS, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos                      ASTM  
D – 2487

Como el estudio es con fines de pavimentación se ha incidido en el Sistema AASHTO, la que describe a continuación:



CUADRO N° 01 - a ANALISIS GRANULOMETRICO, LIMITES Y CLASIFICACION SUBRASANTE NATURAL

UBICACIÓN	IDENTIFICACION			ANALISIS GRANULOMETRICO (% QUE PASA)							LIMITES DE PLASTICIDAD, %				CLASIFICACION		HUMEDAD NATURAL Wn, %
	Progresiva	Calicata	Muestra	Prof. (m)	3/4"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	LL	LP	IP	SUCS	AASHO	γ	φ	
KM. 00 + 760	C - 01	M - 1	1.20	86.4	61.8	46.9	25.4	16.5	24.22	20.80	3.42		SM	A - 2 - 4 (0)	1.87	29	5.43
KM. 01 + 570	C - 02	M - 1	1.20	93.0	69.9	55.4	33.0	21.6	23.03	18.68	4.35		SM	A - 2 - 4 (0)	1.87	28	5.02
KM. 02 + 630	C - 03	M - 1	1.20	92.8	78.0	65.7	49.8	39.4	25.45	20.94	4.51		SM	A - 4 (1)	1.87	28	6.65
KM. 03 + 640	C - 04	M - 1	1.20	96.8	93.4	90.5	66.0	53.0	38.14	25.61	12.53		ML	A - 6 (5)	1.84	26	9.74
KM. 04 + 590	C - 05	M - 1	1.20	100.0	97.3	93.7	84.7	76.3	45.84	26.97	18.87		OL	A - 7 - 6 (13)	1.84	26	12.30
KM. 05 + 690	C - 06	M - 1	1.20	92.4	87.9	84.7	78.2	55.6	29.94	24.28	5.66		OL	A - 4 (4)	1.82	24	12.20
KM. 06 + 680	C - 07	M - 1	1.20	76.4	53.9	48.7	43.9	36.4	30.73	19.81	10.92		GC	A - 4 (1)	1.82	24	9.66
KM. 07 + 685	C - 08	M - 1	1.20	100.0	95.0	88.4	81.2	71.6	38.55	25.55	13.00		OL	A - 6 (9)	1.81	22	10.19
KM. 08 + 570	C - 09	M - 1	1.20	100.0	95.0	94.2	86.6	77.0	39.79	25.05	14.74		OL	A - 6 (10)	1.79	20	84.27
KM. 09 + 660	C - 10	M - 1	1.20	100.0	98.9	97.2	91.7	82.1	29.09	21.20	7.89		CL	A - 4 (8)	1.79	20	12.75
KM. 10 + 770	C - 11	M - 1	1.20	81.0	67.2	63.6	59.0	49.2	27.59	23.05	4.54		ML	A - 4 (3)	1.80	22	13.83
KM. 11 + 680	C - 12	M - 1	1.20	100.0	92.5	91.0	83.5	72.8	32.94	20.49	12.45		ML	A - 6 (9)	1.80	23	15.90
KM. 12 + 740	C - 13	M - 1	1.20	95.8	91.4	86.8	72.5	56.3	40.71	34.12	6.58		ML	A - 5 (4)	1.81	22	21.27
KM. 13 + 760	C - 14	M - 1	1.20	100.0	88.7	82.8	75.1	65.1	31.62	23.02	8.60		CL	A - 4 (6)	1.81	24	20.17
KM. 14 + 800	C - 15	M - 1	1.20	87.4	80.5	74.1	64.6	56.8	45.85	37.14	8.72		ML	A - 5 (4)	1.82	24	27.35
KM. 15 + 840	C - 16	M - 1	1.20	98.0	87.4	82.3	71.1	49.3	32.82	26.93	5.89		SM	A - 4 (3)	1.83	24	18.00
KM. 16 + 800	C - 17	M - 1	1.20	100.0	98.0	91.5	78.6	65.6	40.18	30.23	9.96		ML	A - 5 (6)	1.83	24	20.75
KM. 17 + 800	C - 18	M - 1	1.20	96.7	86.0	81.3	73.3	62.0	59.85	46.00	13.85		MH	A - 7 - 5 (7)	1.83	24	18.57
KM. 18 + 800	C - 19	M - 1	1.20	100.0	95.8	91.9	80.8	69.5	61.16	27.05	34.11		CH	A - 7 - 6 (20)	1.83	24	16.31
KM. 19 + 780	C - 20	M - 1	1.20	100.0	98.2	95.7	91.1	87.6	70.32	35.35	34.97		OH	A - 7 - 5 (20)	1.83	24	35.13

OBSERVACIONES :

γ m - Peso volumétrico del suelo al estado natural.

φ - Angulo de fricción interna del suelo.

CONTINUA ...

CUADRO N° 01-b ANALISIS GRANULOMETRICO, LIMITES Y CLASIFICACION SUBRASANTE NATURAL

UBICACIÓN	IDENTIFICACION		ANALISIS GRANULOMETRICO (% QUE PASA)						LIMITES DE PLASTICIDAD, %				CLASIFICACION		HUMEDAD NATURAL Wn, %	
	Calicata	Muestra	Prof. (m)	3/4"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	LL	LP	IP	SUCS	AAASHO	$\gamma_m$ Tn/m <sup>3</sup>		$\phi$ °
Progresiva																
KM. 20 + 800	C-21	M-1	1.20	100.0	99.5	97.7	89.0	69.0	33.16	26.16	7.00	ML	A-4 (7)	1.83	24	14.36
KM. 22 + 060	C-22	M-1	1.20	83.1	72.2	64.8	51.3	36.5	28.87	21.06	7.81	GM	A-4 (0)	1.84	24	14.83
KM. 23 + 000	C-23	M-1	1.20	100.0	99.3	97.7	90.6	77.2	43.02	31.85	11.17	ML	A-7-5 (9)	1.84	24	11.70
KM. 24 + 000	C-24	M-1	1.20	46.3	32.8	29.0	24.7	19.8	47.63	33.40	14.22	GM	A-2-7 (0)	1.85	27	18.03
KM. 24 + 960	C-25	M-1	1.20	65.7	35.5	21.1	16.5	10.0	28.55	20.43	8.13	GP - GC	A-2-4 (0)	1.85	30	14.23
KM. 25 + 970	C-26	M-1	1.20	57.4	40.9	35.2	24.1	14.6	28.06	26.43	1.63	GM	A-2-4 (0)	1.85	30	6.82
KM. 27 + 040	C-27	M-1	1.20	94.9	86.7	81.1	72.7	63.2	48.42	28.77	19.65	OL	A-7-6 (10)	1.85	27	18.85
KM. 28 + 020	C-28	M-1	1.20	100.0	99.7	99.0	96.9	86.3	30.67	19.39	11.28	CL	A-6 (9)	1.86	27	18.12
KM. 29 + 105	C-29	M-1	1.20	67.1	59.6	56.9	46.4	32.5	31.75	24.33	7.42	GM	A-2-4 (0)	1.86	30	13.71
KM. 0 + 680	C-30	M-1	1.20	90.8	75.7	64.8	49.7	42.5	25.53	17.86	7.67	SC	A-4 (2)	1.86	29	4.33
KM. 01 + 850	C-31	M-1	1.20	100.0	83.0	65.6	37.3	28.6	29.31	27.51	1.80	SM	A-4 (1)	1.86	29	22.88

## OBSERVACIONES :

 $\gamma_m$  - Peso volumétrico del suelo al estado natural.

 $\phi$  - Angulo de fricción interna del suelo.

**ZG I** - Resultados ensayos de Laboratorio de muestras representativas de la Zona Geotécnica I.

**ZG II** - Resultados ensayos de Laboratorio de muestras representativas de la Zona Geotécnica II.

**ZG III** - Resultados ensayos de Laboratorio de muestras representativas de la Zona Geotécnica III.

### **Se distinguen entre 7 grupos básicos:**

El mejor suelo utilizado para construcción de carretera viene clasificado como del tipo A - 1, sigue en calidad el A - 2, continuando hasta el A - 7, el que presenta las peores características para ser utilizado en la conformación de la estructura del pavimento.

Los siete grupos básicos están divididos en sub grupos con un índice de grupo, con el fin de aproximar dentro de las valoraciones del grupo. Los índices de grupo van de 0 para el mejor material hasta 20 para el más crítico. Los incrementos del valor de los índices de grupo reflejan una reducción en la capacidad para soportar cargas por el efecto combinado de aumento del límite líquido e índice de plasticidad y disminución en el porcentaje de la fracción de material grueso.

### **Evaluación del índice de Grupo:**

Se obtiene mediante del uso de una fórmula basada en la granulometría y características de plasticidad del suelo (Límite Líquido e índice de Plasticidad). El índice de grupo está definido por la fórmula siguiente:

$$I = 0,2a + 0,05ac + 0,01bd$$

dónde:

- a. Fracción del porcentaje que pasa por el tamiz número 200 excediendo 35 sin exceder 75 expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.
- b. Fracción del porcentaje que pasa por el tamiz número 200 excediendo 15 pero sin sobrepasar los 55 expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.

- c. Fracción del Límite líquido excediendo 40 pero no excediendo de 60 expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20.
- d. Fracción de índice de Plasticidad excediendo en 10 pero sin sobrepasarlos 30, expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20.

El índice de grupo se expresa en un paréntesis después del número de grupo del suelo, pudiendo clasificar el material de acuerdo a la siguiente tabla:

Excelente	:	Índice de Grupo	igual a 0
Buena	:	Índice de Grupo	de 0 – 1
Regular	:	Índice de Grupo	de 2 – 4
Mala	:	Índice de Grupo	de 5 – 9
Muy Mala	:	Índice de Grupo	de 10 – 20

#### **SUELOS A – 1**

Son mezclas bien graduadas de gruesos a finos con aglutinantes no plásticos o de baja plasticidad. Este tipo de suelo presenta una gran estabilidad a las cargas de las ruedas, sin afectarles las condiciones de humedad al problema de expansión. Su uso es satisfactorio para bases granulares.

#### **SUELOS A – 2**

Están constituidos de material fino y grueso mezclados con aglutinantes, pero son inferiores a los suelos tipo A - 1 debido a su mala granulación, a un aglutinante inferior o a ambas cosas. Estos suelos, presentan gran estabilidad cuando están compactados con su óptimo contenido de humedad y pueden reblandecerse cuando se humedece o volverse sueltos o polvorientos durante los periodos de sequía. Si se usan como capa base, los tipos plásticos pueden perder estabilidad, debido a la saturación por capilaridad o deficiencia de drenaje.

Se subdividen en:

Suelos A-2-4 y A-2-5 incluyen aquellos materiales granulares que tienen un suelo aglutinante con características de los suelos de los grupos A-4 y A-5, respectivamente.

Los suelos A-2-6 y A-2-7 incluyen aquellos materiales granulares que tienen un suelo aglutinante con características de los suelos de los grupos A-6 y A-7.

### **SUELOS A -3**

Están compuestos por arenas deficientes en aglutinante. Son típicos en este grupo la arena fina de desiertos y la arena transportada por el viento (Costa Peruana), así como las mezclas en depósitos fluviales de mala graduación con pequeñas cantidades de arena gruesa y grava.

Estos suelos presentan una deficiente estabilidad a la carga de las ruedas, excepto cuando están húmedos. Las condiciones de humedad solo los afecta ligeramente; no presentan cambios de volumen y constituyen una subrasante adecuada para pavimentos de todo tipo cuando están confinados. Pueden ser compactados por vibración, con Rodillo de acero o Rodillos de llantas o cubiertas neumáticas.

### **SUELOS A-4**

Están compuestos predominantemente por limos con pequeño porcentaje de material grueso y poco porcentaje de arcilla. Este suelo presenta una superficie firme para circulación cuando están secos, con poca deformación después de ser cargados.

Cuando son saturados se dilatan perjudicialmente o pierden estabilidad.

Su composición varía desde limos arenosos, barros limosos y arcillosos. Son difíciles de compactar ya que el rango del porcentaje de humedad para obtener una compactación satisfactoria es muy pequeño. La estructura del pavimento requiere espesores máximos cuando son colocados sobre subrasantes de suelos conformados por este grupo.

### **SUELOS A -5**

Son similares a los suelos tipos A - 4, con excepción que incluyen suelos de muy mala gradación. Son susceptibles a la expansión cuando se retira la carga, aun que se encuentren en estado seco. Sus propiedades elásticas dificultan la conveniente compactación de bases del tipo flexibles colocadas durante la construcción y no son recomendables como subrasantes para capas delgadas de base flexibles estabilizadas, ni para superficies bituminosas.

Están sujetos a la acción de la congelación. Se han observado que los pavimentos colocados sobre subrasantes de este tipo de suelo se agrietan excesivamente.

### **SUELOS A-6**

Se componen predominantemente de arcilla con poco contenido de agregado grueso. En los estados de plasticidad blandas o rígida solo absorben agua adicional cuando se les manipula.

Alcanzan una buena capacidad de soporte cuando son compactadas con su humedad óptima alcanzando su densidad máxima, pero pierden resistencia cuando absorben humedad.

Los índices de plasticidad altos por encima de 18, de estos suelos indican una naturaleza cohesiva del material aglutinante (Arcillas y Coloides), solamente serán adecuados para rellenos y subrasante cuando se colocan y mantienen con un bajo contenido de humedad.

Mientras que el flujo de aguas por gravitación es muy pequeño, la presión capilar que ocasiona que el agua se mueva de las porciones más húmedas a las más secas es muy grande y se pueden desarrollar por este motivo grandes fuerzas expansivas. No son adecuados para material de subrasante por causa de los grandes cambios de volumen originados por los cambios de humedad y la pérdida de la capacidad de soporte después de haber sido saturado por causa de lluvias c filtraciones de agua.

### **SUELOS A -7**

Están compuestos primordialmente de arcillas como los suelos A - 6, pero debido a las partículas de limo de tamaño uniforme, a la materia orgánica, escamas de mica, o carbonates de cal, son elásticos. A un determinado contenido de humedad se deforman y abultan apreciablemente cuando se les retira la: cargas. Presentan las mismas características descritas para los suelos del tipo A 6. Son muy difíciles de compactar convenientemente lo que hace que sean especialmente inadecuados para pavimentos flexibles.

Los suelos del tipo A - 7 - 5 corresponden aquellos que presentan índice: de plasticidad moderados, en relación al límite líquido y pueden ser altamente elásticos, así como estar sujetos a considerables cambios de volumen. Los suelos del tipo A - 7 - 6 corresponden a suelos con índice de plasticidad muy altos con relación al límite líquido y están sujetos a cambios de volumen extremadamente altos.

### **SUELOS TIPO A - 8: TURBA Y ESCOMBROS**

Los suelos compuestos por turbas y escombros son muy blandos, contienen grandes cantidades de materia orgánica y humedad, no pudiendo por ningún motivo ser usados en ningún tipo de construcción.

En los ANEXOS: Ensayos de Laboratorio se presentan las características granulométricas, de plasticidad, los resultados de los ensayos Próctor Modificado y Valor Relativo de Soporte (CBR) de muestras representativas de las calicatas.

### **2.3.2 ZONIFICACIÓN**

A partir de los trabajos de campo y resultados de ensayos de laboratorio se puede inferir el perfil estratigráfico mostrado en los ANEXOS: Registro de Excavaciones del C-01 al C-31, el que ha permitido definir los siguientes tramos genéricos que presentan similares características geotécnicas:

#### **ZONA GEOTECNICA 1**

Comprende los siguientes tramos: progresiva Km. 00+000 al Km. 07+000, progresiva Km. 23+500 al Km. 29+172.

En el tramo inicial predominan suelos de origen residual, en el segundo tramo predominan suelos de origen transportados, los que se intercalan con depósitos de suelos coluviales muy antiguos de corta longitud. La plataforma presenta una capa de material granular grueso constituida por gravas y arenas limosas y limo-arcillosas, de color marrón con tendencia a variar de tono de grisáceo a pardo. La forma predominantemente de las gravas y arenas en el primer tramo es angulosa y áspera, en el segundo tramo son sub-redondeadas y resistentes, la fracción fina (que pasa la malla N°40), que determina el comportamiento físico-mecánico del suelo, en promedio es menor de 45 % de su contenido granulométrico y predominantemente medianamente plásticos. Secos son suelos estables, cuando su contenido natural de agua es alto, tienen una estabilidad para soportar cargas relativamente bajas. A un intervalo de humedad adecuado se compactan satisfactoriamente.



Estos depósitos se encuentran en las escarpas de los cerros y depresiones, en forma irregular y su espesor es variable.

Para mayor ilustración ver:

- Cuadros N° 1 a y N° 1 b: Resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio de las muestras de la subrasante.
- ANEXOS: Registro de Excavaciones del C-01 al C-07; del C-24 al C-29.
- Fotografías N° 1 al N° 16 y N° 26 al N° 35.

## **ZONA GEOTECNICA II**

Comprende los siguientes: tramos: progresiva Km. 07+000 al Km. 10+500, y progresiva Km. 14+000 al Km. 15+500.

En el tramo predominan los suelos de origen residual, los que se intercalan con depósitos de suelos coluviales muy antiguos de corta longitud. La plataforma presenta una capa de material compuesta predominantemente por agregado fino limoso y limo arcilloso, de color marrón claro con tendencia a variar de tono de rojizo a marrón oscuro. La fracción fina (que pasa la malla N°40), que determina el comportamiento físico-mecánico del suelo, en promedio es mayor de 75 % de su contenido granulométrico y predominantemente es medianamente plástica. Secos son suelos estables, cuando su contenido natural de agua es alto, su estabilidad para soportar cargas es baja. A un intervalo de humedad adecuado se compactan satisfactoriamente.

Estos depósitos también se encuentran en las escarpas de los cerros y depresiones, en forma irregular y su espesor es variable.

- Cuadros N° I a y N° I b: Resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio de las muestras de la subrasante.

### **ZONA GEOTECNICA III**

Comprende los siguientes tramos: progresiva Km. 10+500 al Km. 14+000, progresiva Km. 15+500 al Km. 23+500 y progresiva Km. 00+000 al Km. 02+150 del desvío hacia el C. P. de Casablanca.

En el tramo predominan los suelos de origen residual y transportado, los que se intercalan con depósitos de suelos coluviales muy antiguos de corta longitud. La plataforma presenta una capa de material compuesta predominantemente por agregado fino limoso o limo arcilloso, de color café y marrón con tonos rojizos. La fracción fina (que pasa la malla N° 40), que determina el comportamiento físico-mecánico del suelo, en promedio es menor de 75 % de su contenido granulométrico, la fracción es predominantemente de mediana plasticidad. Secos son suelos estables, cuando su contenido natural de agua es alto, tienen una estabilidad para soportar cargas muy bajas. A un intervalo de humedad adecuado se compactan satisfactoriamente.

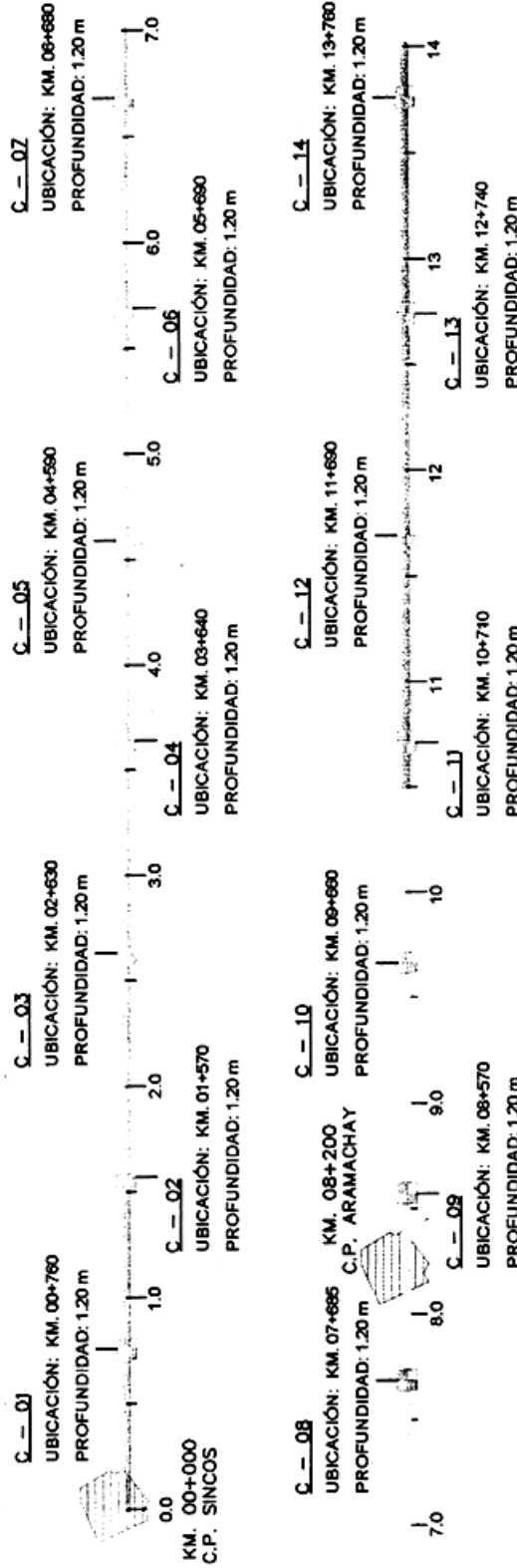
Estos depósitos también se encuentran en las escarpas de los cerros y depresiones, en forma irregular y su espesor es variable.

Para mayor ilustración revisar:

- Cuadros N° 1 a y N° I b: Resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio de las muestras de la subrasante.

En la lámina N° 01: Ubicación de Calicatas se presenta la ubicación de los pozos de exploración.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - PROVIAS RURAL  
 PROYECTO: REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL SINCOS - PACCHA - MIRAFLORES - CASABLANCA.  
 TRAMO: SINCOS - PACCHA - MIRAFLORES.

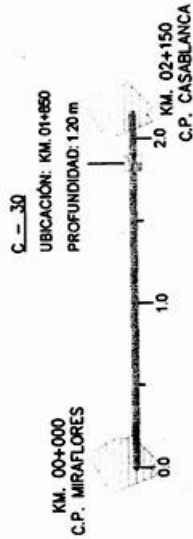


Calicata (C)
Zona Geotécnica I
Zona Geotécnica II
Zona Geotécnica III

CONTINUA ...



MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - PROVIAS RURAL  
 PROYECTO: REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL SINCOS - PACCHA - MIRAFLORES - CASABLANCA.  
 TRAMO: MIRAFLORES - CASABLANCA.



	Calicata (C)
	Zona Geotécnica I
	Zona Geotécnica II
	Zona Geotécnica III

## 2.4 DISEÑO DE PAVIMENTO

### 2.4.1 GENERALIDADES

El concepto de rehabilitación en caminos rurales, con índices bajos de tráfico y limitados costos de rehabilitación, radica en restablecer la carpeta de rodadura a sus estados iniciales de construcción, no existiendo métodos definidos de diseño para este tipo de vías, debido principalmente a que una evaluación detallada, como lo proponen los métodos existentes, implicaría un elevado costo de ejecución por kilómetro, por lo que este resultaría superior al que razonablemente se permite.

En tal sentido se han tratado de obtener valores representativos de los ensayos efectuados en puntos críticos de la actual superficie de rodadura.

Para el caso del tramo en estudio se pudo observar, durante la ejecución de la recolección de las muestras del material de la actual superficie de rodadura, que este pertenece mayoritariamente al terreno natural, es decir, que la subrasante actual está expuesta directamente al tráfico y a los agentes atmosféricos, enfrentándose a un continuo deterioro, debido a que esta no está en condiciones de resistir los factores mencionados.

Por lo tanto, para disponer de una plataforma en condiciones de garantizar la perenne transitabilidad de los usuarios, es necesario proteger dicha superficie de rodadura con una capa de material que tenga las características necesarias para soportar el tráfico y que tenga una estructura interna, después de compactado, impermeable, de manera de evitar que el agua llegue a contacto con la subrasante.

Actualmente la vía se encuentra en servicio, siendo el transporte de pasajeros en camionetas, combis y autos, que prestan un servicio mixto, es decir transportan cargas y pasajeros al mismo tiempo.

#### **2.4.2 METODOLOGÍA**

- **Para el cálculo de la intensidad de tránsito.** La metodología elegida para el análisis del tráfico es la desarrollada por la AASHTO, que cuenta con una valiosa información experimental sobre la que se fundamenta y tiene una aceptación a nivel mundial.

- Considerando los factores limitantes, se ha elegido el método adecuado para el cálculo del número de repeticiones de cargas equivalentes a un eje simple (EALF) para pavimentos flexibles sin recubrimiento estructural especial. Esta metodología considera el índice de Serviciabilidad (Pt.) o bondad de servicio y el número estructural (SN) del pavimento que está en función del espesor, módulo de Young y condiciones de drenaje.
- **Para el diseño del pavimento.** A diferencia de los pavimentos de tipo superior, puede decirse que no existen métodos o procedimientos de diseño estructural para caminos de bajo volumen de tráfico a nivel de afirmado, que tenga una aceptación generalizada.

Sin embargo, el cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE) ha acumulado una gran experiencia en el diseño y comportamiento de caminos para un bajo volumen de tránsito. El procedimiento se basa en ecuaciones que permiten determinar el espesor de material requerido sobre una capa de subrasante identificada por su resistencia (C.B.R.), a condición que el C.B.R. del material de recubrimiento sea mayor que el del subyacente. El término requerido se refiere a un espesor que permitirá un cierto número de repeticiones de carga, antes que la estructura alcance un nivel de deformación que corresponda a una serviciabilidad baja. En las ecuaciones de diseño, las cargas por eje están caracterizadas por equivalentes por ruedas simples (en libras) y por el área en contacto (pulg.), de esta manera se pueden establecer en términos de repeticiones de ejes simples equivalentes de 18000 libras.

Este método que está fundado en la larga experiencia del Cuerpo de Ingenieros Americanos, donde el espesor  $e$  de un firme para que soporte una carga  $P$  producida por un neumático hinchado a una presión  $q$  en un suelo con un C.B.R., determinado, viene dado por la siguiente fórmula:

$$e_0^2 = P \left( \frac{1}{8,1 * CBR} \right) - \frac{1}{q} * PI$$

El espesor está calculado para un número de recubrimiento de  $5 \times 10^3$ . Si el número de recubrimiento de la carga es diferente a  $5 \times 10^3$  el espesor vendrá dado por la fórmula:

$$e = e_0 (0,117 + 0,223 \log N)$$

Siendo N el número de recubrimientos.

El cuerpo de Ingenieros a deducido de la fórmula anterior un ábaco que permite obtener en función del CBR y de la subrasante, el espesor del firme preciso para resistir el peso de ejes equivalentes de 18000 libras u 8 Toneladas.

Es preciso hacer notar que este ábaco obedece al comportamiento de cierto tipo de material y, por lo tanto, su uso está limitado al hecho que el material a emplearse también cumpla con las características del primero.

En nuestro caso, las características del material de la cantera elegida se encuentra dentro de las condiciones establecidas por el USACE, por lo que este ábaco será utilizado de una forma práctica en el cálculo del espesor del firme del presente proyecto para los valores del C.B.R. encontrados, además que la experiencia ha demostrado que los espesores encontrados con este método son equivalentes a los propuestos por el CONREVIAL, que son los que más se adaptan a nuestra realidad.



### **2.4.3 FACTORES DE DISEÑO**

Para desarrollar el diseño de un pavimento existen varios métodos, cada uno de los cuales toma en consideración distintos factores, pero, cualquiera que sea el método que hoy día se sigue para el dimensionamiento de un pavimento hay cuatro factores que son comunes a todos ellos.

Tales factores comunes son los siguientes:

- El tránsito que recorrerá la vía durante su vida útil
- La resistencia de la subrasante.
- Las características de resistencia de cada material que conforma las diferentes capas de la pavimentación.
- Los efectos climáticos sobre los distintos materiales que conforman el pavimento; por ejemplo sobre: el asfalto, el concreto, el estabilizado con cal, etc.

Desde que la pavimentación del estudio en objeto está compuesta únicamente por el afirmado, en este diseño se tendrán presentes solamente los primeros tres factores.

#### **a. Tránsito**

El tránsito es uno de los tres factores que intervienen en el diseño del pavimento según los siguientes diferentes aspectos:

- Período de Diseño, el cual es el período de vida útil para el que se diseña el pavimento.
- Tasa de Crecimiento Anual, la cual corresponde al crecimiento de tránsito que se verifica anualmente durante el período de diseño.
- Análisis del tráfico vehicular, en el cual se deberá distinguir entre vehículos ligeros y vehículos pesados.

- Cargas por Eje, representa el tráfico expresado en términos del número de repeticiones de un eje simple equivalente a 80 KN (18,000 lb), aplicado al pavimento en dos ejes de ruedas duales.

#### **b. Resistencia de la Subrasante**

Como sabemos, el espesor del pavimento está altamente influenciado por la resistencia del suelo de la subrasante. En efecto, a menor resistencia de la subrasante corresponde un mayor espesor del pavimento y viceversa. La resistencia de la subrasante está representada por el valor de soporte del suelo, que se puede conocer por medio del ensayo CBR.

#### **c. Resistencia del material que conforma la capa del pavimento**

Como ya se dijo el valor de soporte del suelo de la subrasante se verifica mediante el ensayo del CBR, por lo que se conoce este valor a lo largo de todo el recorrido de la carretera. Por lo que concierne al material del afirmado, es necesario verificar su CBR además de confirmar que este cumpla con los requisitos de calidad establecidos por las Normas Técnicas vigentes.

### **2.4.4 ANALISIS DEL TRANSITO**

#### **a. Período de Diseño**

Para obtener las proyecciones del tráfico vehicular se considera un período de diseño de 6 años, contabilizados a partir de la culminación del presente estudio, porque se prevé que el proceso de revisión licitación y construcción del proyecto puede durar un año, tiempo adicional a considerar en la proyección con referencia a los 5 años de vida útil que se han establecido para el Proyecto.

### **b. Tasa de Crecimiento**

La tasa de crecimiento anual vehicular asumida para las Proyecciones de Tráfico Medio, tal como se puede apreciar en el Estudio de Tráfico, es igual, 8%, porque se trata de carreteras relativamente jóvenes y con poblaciones en proceso de crecimiento y desarrollo. Este proceso de crecimiento y desarrollo se verá ulteriormente incrementado por la disponibilidad de una vía de comunicación más adecuada que permitir, aumentar el nivel de producción y, por ende, el nivel de vida de lo: pobladores del área interesada.

### **c. Volumen de Tráfico**

Como no se cuenta con información relativa a censos de carga, se estima conveniente obtener la carga actuante en función al número total de vehículo: que transitarán por la vía durante el período de vida útil; por lo tanto, para conocer la carga actuante de diseño es necesario determinar el Tráfico Vehicular Acumulado, el cual, finalmente, debe ser afectado por el número promedio de repeticiones de carga equivalente por vehículo. El tráfico acumulado lo obtenemos a través de la siguiente relación:

$$TVA = n * \frac{(TVAi + TVAn)}{2}$$

Donde:

TVA : Tráfico Vehicular Acumulado durante el período de diseño

n : = 5 (Período de Diseño)

TVAi : Tráfico Vehicular inicial (año 1: 2010)

TVAn : Tráfico Vehicular final (año 5: 2014)

Con los datos obtenidos en el Estudio de Tránsito, en el siguiente cuadro SE determina el Tráfico Vehicular Acumulado para los diferentes sectores de camino.

**CALCULO DEL TRÁFICO VEHICULAR ACUMULADO (TVA), EN EL PERIODO DE DISEÑO (DURANTE 5 AÑOS: DEL 2010 AL 2014)**

TRAMO	TMDA INICIA I (2010) (1)	N° VEH. INICIAL (2010) (2)=(1)*365	TMDA FINAL (2014) (3)	N° VEH. FINAL (2014) (4)=(3)*365	TVA 2010 AL 2014 (n = 5) =5*((2)+(4))/
Sincos-Aramachay		14600	54.00	19710	85775
Aramachay-	15	5475	21.00	7665	32850
Llacuaripampa-	23	8395	32.00	11680	50188
Masajcancha-Paccha	35	12775	48.00	17520	75738
Paccha-Miraflores		36500	136.00	49640	215350
Miraflores-Casablanca			13.00		

**d. Cargas Equivalentes por Eje y por Vehículo**

Considerando que los volúmenes de tráfico son bajos, se adopta, para fines del cálculo de la carga equivalente en los vehículos, el método propuesto por la AASHTO, donde el Número de Vehículos está afectado por el Factor de Eje de Carga Equivalente (EALF). Las cargas por eje de cada vehículo se han tomado, de acuerdo a la experiencia en la zonas rurales, a partir del Cuadro N° 03 (ver ref. Hveem, F.N. California's Experience with the Record Sampling Program, Proas. AASHO. Washington, D.C. 1962), el mismo que se anexa más adelante. En cuanto al número de vehículos, estos corresponden a los datos del Aforo Corregido, que se indican en el Capítulo Estudio de Tráfico. El valor EALF viene a ser el Factor de Carga Equivalente por eje de cada vehículo, que define el daño por paso de un número de cargas equivalentes sobre una superficie de rodadura debido al eje en cuestión, en relación al paso de un eje de carga estándar, que usualmente es de 18 kips = 18000 Lbs, y se calcula mediante las siguientes expresiones:

$$EALF = \frac{W_{t18}}{W_{tx}}$$

**CUADRO Nº 03**

Tipos de vehículo que es usual considerar en el tránsito carretero

EJE	WVAC	Kv	WCARG	Kc
1	0,9	0,0001	1	0,0002
2	0,9	0,0001	1	0,0002
3	-	-	-	-
<b>SUMATORIA</b>	<b>1,8</b>	<b>0,0002</b>	<b>2</b>	<b>0,0004</b>

EJE	WVAC	Kv	WCARG	Kc
1	1,2	0,0005	1,6	0,0014
2	1,2	0,0005	3,3	0,0260
3	-	-	-	-
<b>SUMATORIA</b>	<b>2,4</b>	<b>0,0010</b>	<b>4,9</b>	<b>0,0274</b>

EJE	WVAC	Kv	WCARG	Kc
1	3,0	0,0180	4,2	0,0690
2	7,0	0,5310	8,3	1,0500
3	-	-	-	-
<b>SUMATORIA</b>	<b>10,0</b>	<b>0,5490</b>	<b>12,5</b>	<b>1,119</b>

EJE	WVAC	Kv	WCARG	Kc
1	1,5	0,0011	2,5	0,0086
2	2,7	0,0118	6,8	0,4730
3	-	-	-	-
<b>SUMATORIA</b>	<b>4,2</b>	<b>0,0129</b>	<b>9,3</b>	<b>0,4816</b>

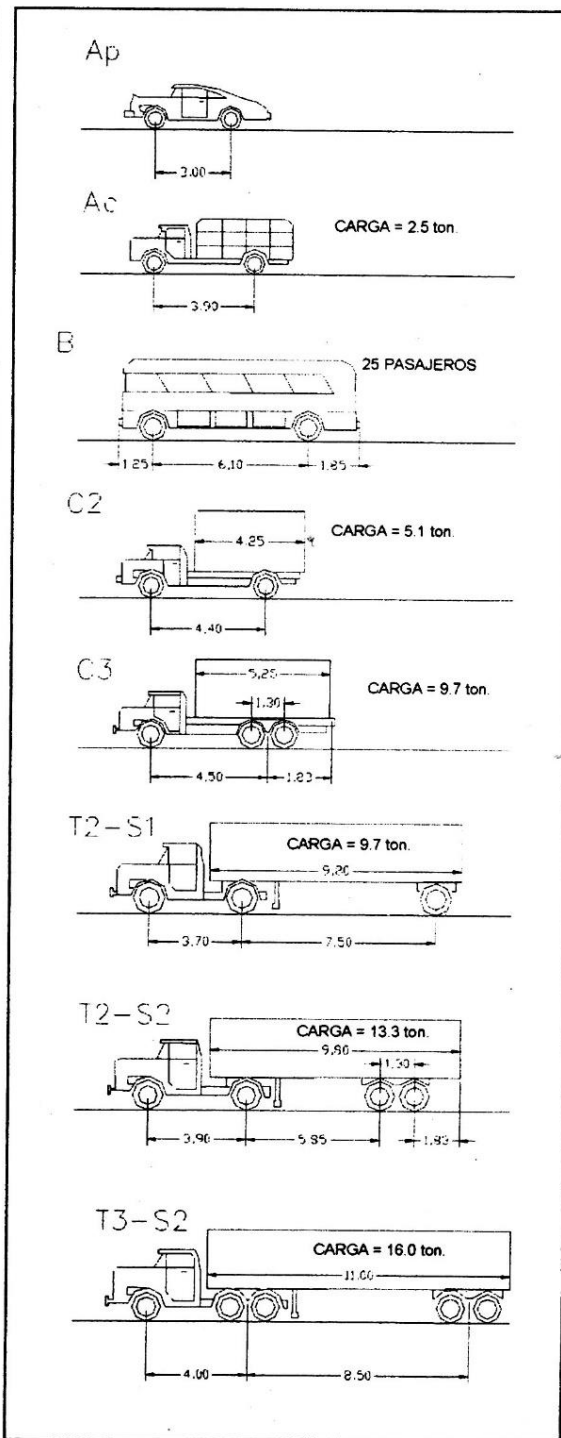
EJE	WVAC	Kv	WCARG	Kc
1	1,7	0,0018	2,6	0,0100
2	5,2	0,0144	14	0,7600
3	-	-	-	-
<b>SUMATORIA</b>	<b>6,9</b>	<b>0,0162</b>	<b>16,6</b>	<b>0,7700</b>

EJE	WVAC	Kv	WCARG	Kc
1	2,50	0,0085	3,00	0,0180
2	3,60	0,0370	8,00	0,9059
3	3,00	0,0180	7,80	0,8186
<b>SUMATORIA</b>	<b>9,10</b>	<b>0,0635</b>	<b>18,80</b>	<b>1,7425</b>

EJE	WVAC	Kv	WCARG	Kc
1	3,500	0,0331	4,000	0,0560
2	4,000	0,0560	8,500	1,1600
3	3,800	0,0100	12,100	0,4300
<b>SUMATORIA</b>	<b>11,300</b>	<b>0,0991</b>	<b>24,600</b>	<b>1,6460</b>

EJE	WVAC	Kv	WCARG	Kc
1	3,500	0,0331	3,900	0,0510
2	5,400	0,0168	13,000	0,5640
3	5,000	0,0124	13,000	0,5640
<b>SUMATORIA</b>	<b>13,900</b>	<b>0,0623</b>	<b>29,900</b>	<b>1,1790</b>

Referencia: Rico, Alfonso y Del Castillo Hermilo.  
 La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. Volumen 2. Capítulo 9:  
 Pavimentos flexibles. Ed. Limusa, S.A.  
 México, D.F., 1977.



$$\text{Log}\left(\frac{W_{ix}}{W_{i18}}\right) = 4.79\text{Log}(18 + 1) - 4.79\text{Log}(L_x + L_2) + 4.33\text{Log}(L_2) + \frac{G_i}{B_x} - \frac{G_i}{B_{18}}$$

$$G_i = \text{Log}\left(\frac{4.2 - P_t}{4.2 - 1.5}\right) \quad B_x = 0.4 \frac{0.08 (L_x + L_2)^{1.21}}{(SN + 1)^{5.19} 1.2^{1.21}}$$

$$EALF = \frac{W_{i18}}{W_{ix}} \quad B_{18} = 0.4 \frac{0.08 (18 + 1)}{(SN + 1)^{5.19}}$$

Donde:

- Pt = 2 Índice de serviciabilidad (bondad de servicio)
- SN = 1.5 Número estructural (calidad de la carga)
- Lx = Carga en Kips sobre un eje simple, Tandem y Tridem
- L2 = Código de eje
  - L2 = 1 Eje Simple
  - L2 = 2 Eje Tandem
  - L2 = 3 Eje Tridem

Asimismo, el número de repeticiones de cargas equivalentes por eje de cada vehículo viene representado por el valor ESALi, el cual, en el presente análisis, es afectado por el factor de 1.35 debido a la sobrecarga que se genera con frecuencia en la zona de estudio y en general en nuestro País, especialmente en las zona rurales.

Finalmente, el número de repeticiones de carga equivalente por cada vehículo se determina del total de repeticiones de carga equivalente por eje de todos los vehículos (ESALi), promediado entre el número total de vehículos (Ni).

**CÁLCULO DEL N° DE REPETICIONES DE CARGA EQUIVALENTE POR VEHÍCULO (EALv)**
**TRAMO: SINCOS - ARAMACHAY**

Gt = -0.088941083

B18 = 9.692990069

MEDIO DE TRANSPORTE	PESO TOTAL (Tn)	PESO TOTAL (Kips) (1)	PESO POR EJES (Kips)			N° VEH. (Ni) (4)	L2 (5)	Bx (6)	EALF (7)	ESALi (8)=(4)*(7)*1.35
			EJES	PESO (%) (2)	Lx (3)=(1)*(2)					
AUTOMÓVILES	3	6.608	DEL.	50	3.304	62	1	0.477	0.001226	0.102593
			POS.	50	3.304	62	1	0.477	0.001226	0.102593
CAMIONETAS	5	11.013	DEL.	50	5.507	28	1	0.692	0.007765	0.293501
			POS.	50	5.507	28	1	0.692	0.007765	0.293501
COMBIS	6	13.216	DEL.	50	6.608	15	1	0.883	0.015402	0.311881
			POS.	50	6.608	15	1	0.883	0.015402	0.311881
MICROS	7	15.419	DEL.	50	7.710	48	1	1.148	0.027902	1.808028
			POS.	50	7.710	48	1	1.148	0.027902	1.808028
CAMIÓN MEDIANO	8	17.621	DEL.	30	5.286	36	1	0.661	0.006675	0.324417
			POS.	70	12.335	36	1	3.361	0.190864	9.276007
CAMIÓN 2 EJES	14	30.837	DEL.	25	7.709	10	1	1.148	0.027898	0.376625
			POS.	75	23.128	10	2	2.843	0.199596	2.694552
OTROS	14	30.837	DEL.	25	7.709	3	1	1.148	0.027898	0.112987
			POS.	75	23.128	3	2	2.843	0.199596	0.808366

 $\Sigma Ni = 202$ 
 $\Sigma ESALi = 18.624958$ 

$$EALv = \frac{\Sigma ESALi}{\Sigma Ni} = 0.092$$

**TRAMO: ARAMACHAY - LLACUARIPAMPA**

Gt = -0.088941083

B18 = 9.692990069

MEDIO DE TRANSPORTE	PESO TOTAL (Tn)	PESO TOTAL (Kips) (1)	PESO POR EJES (Kips)			N° VEH. (Ni) (4)	L2 (5)	Bx (6)	EALF (7)	ESALi (8)=(4)*(7)*1.35
			EJES	PESO (%) (2)	Lx (3)=(1)*(2)					
AUTOMÓVILES	3	6.608	DEL.	50	3.304	0	1	0.477	0.001226	0.000000
			POS.	50	3.304	0	1	0.477	0.001226	0.000000
CAMIONETAS	5	11.013	DEL.	50	5.507	18	1	0.692	0.007765	0.188679
			POS.	50	5.507	18	1	0.692	0.007765	0.188679
COMBIS	6	13.216	DEL.	50	6.608	0	1	0.883	0.015402	0.000000
			POS.	50	6.608	0	1	0.883	0.015402	0.000000
MICROS	7	15.419	DEL.	50	7.710	0	1	1.148	0.027902	0.000000
			POS.	50	7.710	0	1	1.148	0.027902	0.000000
CAMIÓN MEDIANO	8	17.621	DEL.	30	5.286	32	1	0.661	0.006675	0.288371
			POS.	70	12.335	32	1	3.361	0.190864	8.245340
CAMIÓN 2 EJES	14	30.837	DEL.	25	7.709	15	1	1.148	0.027898	0.564937
			POS.	75	23.128	15	2	2.843	0.199596	4.041829
OTROS	14	30.837	DEL.	25	7.709	8	1	1.148	0.027898	0.301300
			POS.	75	23.128	8	2	2.843	0.199596	2.155642

 $\Sigma Ni = 73$ 
 $\Sigma ESALi = 15.974776$ 

$$EALv = \frac{\Sigma ESALi}{\Sigma Ni} = 0.219$$

**CÁLCULO DEL N° DE REPETICIONES DE CARGA EQUIVALENTE POR VEHÍCULO (EALv)**
**TRAMO: LLACUARIPAMPA - MASAJCANCHA**

Gt = -0.088941083

B18 = 9.692990069

MEDIO DE TRANSPORTE	PESO TOTAL (Tn)	PESO TOTAL (Kips) (1)	PESO POR EJES (Kips)			N° VEH. (Ni) (4)	L2 (5)	Bx (6)	EALF (7)	ESALi (8)=(4)*(7)*1.35
			EJES	PESO (%) (2)	Lx (3)=(1)*(2)					
AUTOMÓVILES	3	6.608	DEL.	50	3.304	0	1	0.477	0.001226	0.000000
			POS.	50	3.304	0	1	0.477	0.001226	0.000000
CAMIONETAS	5	11.013	DEL.	50	5.507	17	1	0.692	0.007765	0.178197
			POS.	50	5.507	17	1	0.692	0.007765	0.178197
COMBIS	6	13.216	DEL.	50	6.608	0	1	0.883	0.015402	0.000000
			POS.	50	6.608	0	1	0.883	0.015402	0.000000
MICROS	7	15.419	DEL.	50	7.710	0	1	1.148	0.027902	0.000000
			POS.	50	7.710	0	1	1.148	0.027902	0.000000
CAMIÓN MEDIANO	8	17.621	DEL.	30	5.286	56	1	0.661	0.006675	0.504649
			POS.	70	12.335	56	1	3.361	0.190864	14.429344
CAMIÓN 2 EJES	14	30.837	DEL.	25	7.709	20	1	1.148	0.027898	0.753249
			POS.	75	23.128	20	2	2.843	0.199596	5.389105
OTROS	14	30.837	DEL.	25	7.709	16	1	1.148	0.027898	0.602600
			POS.	75	23.128	16	2	2.843	0.199596	4.311284
$\Sigma Ni = 109$						$\Sigma ESALi = 26.346625$				

$$EALv = \frac{\Sigma ESALi}{\Sigma Ni} = 0.242$$

**TRAMO: MASAJCANCHA - PACCHA**

Gt = -0.088941083

B18 = 9.692990069

MEDIO DE TRANSPORTE	PESO TOTAL (Tn)	PESO TOTAL (Kips) (1)	PESO POR EJES (Kips)			N° VEH. (Ni) (4)	L2 (5)	Bx (6)	EALF (7)	ESALi (8)=(4)*(7)*1.35
			EJES	PESO (%) (2)	Lx (3)=(1)*(2)					
AUTOMÓVILES	3	6.608	DEL.	50	3.304	6	1	0.477	0.001226	0.009928
			POS.	50	3.304	6	1	0.477	0.001226	0.009928
CAMIONETAS	5	11.013	DEL.	50	5.507	22	1	0.692	0.007765	0.230608
			POS.	50	5.507	22	1	0.692	0.007765	0.230608
COMBIS	6	13.216	DEL.	50	6.608	39	1	0.883	0.015402	0.810890
			POS.	50	6.608	39	1	0.883	0.015402	0.810890
MICROS	7	15.419	DEL.	50	7.710	0	1	1.148	0.027902	0.000000
			POS.	50	7.710	0	1	1.148	0.027902	0.000000
CAMIÓN MEDIANO	8	17.621	DEL.	30	5.286	62	1	0.661	0.006675	0.558718
			POS.	70	12.335	62	1	3.361	0.190864	15.975346
CAMIÓN 2 EJES	14	30.837	DEL.	25	7.709	40	1	1.148	0.027898	1.506499
			POS.	75	23.128	40	2	2.843	0.199596	10.778210
OTROS	14	30.837	DEL.	25	7.709	8	1	1.148	0.027898	0.301300
			POS.	75	23.128	8	2	2.843	0.199596	2.155642
$\Sigma Ni = 177$						$\Sigma ESALi = 33.378565$				

$$EALv = \frac{\Sigma ESALi}{\Sigma Ni} = 0.189$$



**CÁLCULO DEL N° DE REPETICIONES DE CARGA EQUIVALENTE POR VEHÍCULO (EALv)**
**TRAMO: PACCHA - MIRAFLORES**

Gt = -0.088941083

B18 = 9.692990069

MEDIO DE TRANSPORTE	PESO TOTAL (Tn)	PESO TOTAL (Kips) (1)	PESO POR EJES (Kips)			N° VEH. (Ni) (4)	L2 (5)	Bx (6)	EALF (7)	ESALi (8)=(4)*(7)*1.35
			EJES	PESO (%) (2)	Lx (3)=(1)*(2)					
AUTOMÓVILES	3	6.608	DEL.	50	3.304	41	1	0.477	0.001226	0.067844
			POS.	50	3.304	41	1	0.477	0.001226	0.067844
CAMIONETAS	5	11.013	DEL.	50	5.507	32	1	0.692	0.007765	0.335429
			POS.	50	5.507	32	1	0.692	0.007765	0.335429
COMBIS	6	13.216	DEL.	50	6.608	189	1	0.883	0.015402	3.929695
			POS.	50	6.608	189	1	0.883	0.015402	3.929695
MICROS	7	15.419	DEL.	50	7.710	37	1	1.148	0.027902	1.393688
			POS.	50	7.710	37	1	1.148	0.027902	1.393688
CAMIÓN MEDIANO	8	17.621	DEL.	30	5.286	78	1	0.661	0.006675	0.702904
			POS.	70	12.335	78	1	3.361	0.190864	20.098015
CAMIÓN 2 EJES	14	30.837	DEL.	25	7.709	66	1	1.148	0.027898	2.485723
			POS.	75	23.128	66	2	2.843	0.199596	17.784046
CAMIÓN 2 EJES	40	88.106	DEL.	25	22.027	9	1	17.689	2.487105	30.218330
			INT.	37.5	33.040	9	2	7.551	0.938339	11.400824
			POS.	37.5	33.040	9	3	2.514	0.195895	2.380127
OTROS	14	30.837	DEL.	25	7.709	18	1	1.148	0.027898	0.677924
			POS.	75	23.128	18	2	2.843	0.199596	4.850194

 $\Sigma Ni = 470$ 
 $\Sigma ESALi = 102.051400$ 

$$EALv = \frac{\Sigma ESALi}{\Sigma Ni} = 0.217$$

**TRAMO: MIRAFLORES - CASABLANCA**

Gt = -0.088941083

B18 = 9.692990069

MEDIO DE TRANSPORTE	PESO TOTAL (Tn)	PESO TOTAL (Kips) (1)	PESO POR EJES (Kips)			N° VEH. (Ni) (4)	L2 (5)	Bx (6)	EALF (7)	ESALi (8)=(4)*(7)*1.35
			EJES	PESO (%) (2)	Lx (3)=(1)*(2)					
AUTOMÓVILES	3	6.608	DEL.	50	3.304	12	1	0.477	0.001226	0.019857
			POS.	50	3.304	12	1	0.477	0.001226	0.019857
CAMIONETAS	5	11.013	DEL.	50	5.507	17	1	0.692	0.007765	0.178197
			POS.	50	5.507	17	1	0.692	0.007765	0.178197
COMBIS	6	13.216	DEL.	50	6.608	0	1	0.883	0.015402	0.000000
			POS.	50	6.608	0	1	0.883	0.015402	0.000000
MICROS	7	15.419	DEL.	50	7.710	0	1	1.148	0.027902	0.000000
			POS.	50	7.710	0	1	1.148	0.027902	0.000000
CAMIÓN MEDIANO	8	17.621	DEL.	30	5.286	6	1	0.661	0.006675	0.054070
			POS.	70	12.335	6	1	3.361	0.190864	1.546001
CAMIÓN 2 EJES	14	30.837	DEL.	25	7.709	3	1	1.148	0.027898	0.112987
			POS.	75	23.128	3	2	2.843	0.199596	0.808366
OTROS	14	30.837	DEL.	25	7.709	1	1	1.148	0.027898	0.037662
			POS.	75	23.128	1	2	2.843	0.199596	0.269455

 $\Sigma Ni = 39$ 
 $\Sigma ESALi = 3.224649$ 

$$EALv = \frac{\Sigma ESALi}{\Sigma Ni} = 0.083$$

En los siguientes cuadros se determinan, tanto el factor de Carga Equivalente por Eje (EALF), el número de Repeticiones de Cargas Equivalentes por Eje de cada vehículo (ESALi), así como el factor de Carga Equivalente por vehículo (EALv).

#### **e. Calculo del Tránsito para el Diseño**

Para determinar el número total de repeticiones de Carga Equivalente (EAL) que se producirán sobre el pavimento de la carretera durante el período de vida útil, se aplica la siguiente fórmula:

$$EAL = TVA * EALv$$

Donde:

EAL : Número total de repeticiones de carga equivalente durante el período de vida útil.

TVA : Tráfico de vehículos acumulado durante el período de vida útil.

EALv : Número de repeticiones de carga equivalente por cada vehículo.

Los cálculos correspondientes para la determinación del número total de cargas equivalentes en cada sector de la carretera son los que se indican en el siguiente cuadro.

### CALCULO DEL NUMERO TOTAL DE REPETICIONES DE CARGA EQUIVALENTE (EAL)

TRAMO	VEH. ACUM. (2004- 2008) TVA (1)	N° REPET. DE CARGA EQUIVALENTE	
		POR VEHICU LO EALv (2)	TOTAL EAL (3) = (1) * (2)
Sincos - Aramachay	85775	0.092	7909
Aramachay -	32850	0.219	7189
Llacuaripampa -	50188	0.242	12131
Masajcancha - Paccha	75738	0.189	14283
Paccha - Miraflores	215350	0.217	46759
Miraflores - Casablanca	20075	0.083	1660

#### 2.4.5 RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE

Para individuar la calidad de la subrasante es necesario conocer, por lo menos, su granulometría simplificada, su plasticidad y, principalmente la resistencia del suelo al corte.

Para conocer las características indicadas, se han ejecutado una serie de calicatas a lo largo de todo el recorrido de la carretera y, en base a los resultados obtenidos se han identificado las zonas con características geotécnicas similares, lo que ha permitido realizar una zonificación de la vía, la misma que se describe en el numeral 2.3.2 del presente estudio.

Habiéndose ejecutado las calicatas cada Km. y habiéndose identificado la clasificación del suelo, se ha optado realizar un CBR representativo por cada una de las zonas geotécnicas mencionadas. para lo cual se ha elegido uno de los suelos más desfavorables para dicho ensayo (CBR) de cada zona.

Los CBR se han calculado para una penetración de 0.1' y 0.2 para un 95% de la máxima densidad seca del Ensayo Proctor Modificado (ver resultados de laboratorio en anexos), eligiéndose para los cálculos del CBR de diseño el valor más grande de los dos obtenidos, los cuales se indican en cuadro siguiente:

#### VALORES DEL CBR REPRESENTATIVO DE CADA ZONA

<b>ZONA GEOTECNICA</b>	<b>UBICACIÓN DEL ENSAYO</b>	<b>CBR (%)</b>
I	28 + 020	28.34
II	08 + 570	8.35
III	12 + 740	16.48

En base a estos ensayos de los suelos de la subrasante se ha determinado el CBR de diseño de la subrasante (CBR<sub>d</sub>). para cuyo cálculo se ha empleado el criterio utilizado en el Método del Instituto del Asfalto es decir en función a los valores percentiles óptimos obtenidos para los módulos de resiliencia de dicha subrasante. Los valores percentiles óptimos se determinan de acuerdo al nivel del tráfico y, según el Método del Instituto del Asfalto, tiene los siguientes límites:

#### LIMITES PERCENTILES DE DISEÑO PARA SUBRASANTE

<b>NIVEL DE TRAFICO (EAL)</b>	<b>PERCENTIL DE DISEÑO (%)</b>
<b>10<sup>4</sup> ó MENOS</b>	<b>60.00</b>
<b>ENTRE 10<sup>4</sup> Y 10<sup>6</sup></b>	<b>75.00</b>
<b>10<sup>6</sup> ó MAS</b>	<b>87.50</b>

El módulo de resiliencia viene dado por la siguiente relación:

$$Mr \text{ (psi)} = 1500 \cdot CBR \quad \dots\dots\dots CBR: \text{ en}$$

Reemplazando valores para los CBR obtenidos y disponiendo los módulo: de resiliencia secuencialmente, obtenemos los siguientes valores percentiles:

<b>CALCULO DE LOS VALORES PERCENTILES</b>				
<b>ZONA</b>	<b>CBR</b>	<b>Mr</b>	<b>NUMERO DE VALORES</b>	<b>% DE VALORES</b>
<b>GEOTECNICA</b>			<b>MAYORES O IGUALES</b>	<b>MAYORES O IGUALES</b>
	<b>(%)</b>	<b>(psi)</b>	<b>A Mri</b>	<b>(%)</b>
<b>I</b>	<b>28.34</b>	<b>42510</b>	<b>1.00</b>	<b>33.33%</b>
<b>III</b>	<b>16.48</b>	<b>24720</b>	<b>2.00</b>	<b>66.67%</b>
<b>II</b>	<b>8.35</b>	<b>12525</b>	<b>3.00</b>	<b>100.00%</b>

Del ploteo de los datos anteriores se obtienen los valores de la resistencia de la subrasante para los percentiles apropiados a nuestro caso, el cual es el Módulo de Resulencia de la Subrasante de Diseño, de donde se obtiene el CBR de diseño siguiente:

<b>CALCULO DEL CBR DE DISEÑO</b>			
<b>EAL</b>	<b>PERCENTIL</b>	<b>MODULO RESILENTE</b>	<b>CBR DE DISEÑO</b>
	<b>OPTIMO</b>	<b>Mr</b>	<b>CBRd</b>
	<b>(%)</b>	<b>(psi)</b>	<b>(%)</b>
<b>10<sup>4</sup> ó MENOS</b>	<b>60.00</b>	<b>27100</b>	<b>18.10%</b>
<b>ENTRE 10<sup>4</sup> Y 10<sup>6</sup></b>	<b>75.00</b>	<b>21600</b>	<b>14.40%</b>

#### **2.4.6 MATERIAL PARA AFIRMADO**

Del estudio realizado acerca de las canteras para el material de afirmado, resulta que la cantera apropiada es la de Llacuari Pueblo, cuyo material posee las características que se evidencian en el Cuadro Resumen de Ensayos de Canteras, que se ubica en la página siguiente.

De los datos que aparecen en el cuadro resulta que este material es adecuado para la aplicación de la metodología USACE en el cálculo del espesor del pavimento.

#### **2.4.7 CALCULO DEL ESPESOR DEL PAVIMENTO**

Como se ha indicado anteriormente, para la determinación del espesor del pavimento se utilizará el método USACE, el cual contempla la utilización de una capa de material granular de cierta plasticidad, que a la vez cumple la función de capa de rodadura, permitiendo obtener un nivel de servicio adecuado. Considerando un período de diseño entre 5 y 10 años, la capa granular puede estar constituida por materiales con calidad de capa de rodadura, dependiendo de su capacidad de soporte CBR.

En la figura siguiente se muestran las curvas de diseño elaborada por el USACE, donde se considera que los factores tomados en cuenta para determinar el espesor de la capa de rodadura son:

- Intensidad del tránsito en número de ejes simples equivalentes al eje estándar de 18,000 libras, en el período de diseño;

- Valor de Soporte de California o CBR, de la subrasante.

Con los datos de intensidad de tránsito y de CBRd, anteriormente calculados, del ábaco USACE obtenemos el espesor del pavimento a nivel de afirmado para cada uno de los tramos de la carretera, los cuales se muestran en el siguiente cuadro:

CALCULO DEL ESPESOR DEL PAVIMENTO POR TRAMOS					
(USACE)					
TRAMO	EAL	CURVA A USAR (USACE)	CBRd (%)	ESPESOR DEL PAV.	
				pulg.	cm.
Sincos - Aramachay	7909	A	18.10%	3.70	9.40
Aramachay - Llacuaripampa	7189	A	18.10%	3.70	9.40
Llacuaripampa - Masajcancha	12131	ENTRE A Y B	14.40%	4.66	11.84
Masajcancha - Paccha	14283	ENTRE A Y B	14.40%	4.69	11.91
Paccha - Miraflores	46759	ENTRE A Y B	14.40%	5.21	13.23
Miraflores - Casablanca	1660	A	18.10%	3.70	9.40

En los resultados se aprecia que los espesores varían entre los diferentes tramos, pero, además de las consideraciones estructurales establecidas por el USACE, hay que tener en cuenta también otros aspectos particulares, tal como por ejemplo el tipo de suelos de la subrasante actual. A lo largo de todo el recorrido, la subrasante de la carretera presenta algunas condiciones particulares que deben ser consideradas en el diseño del pavimento. Dichas condiciones particulares son las siguientes:

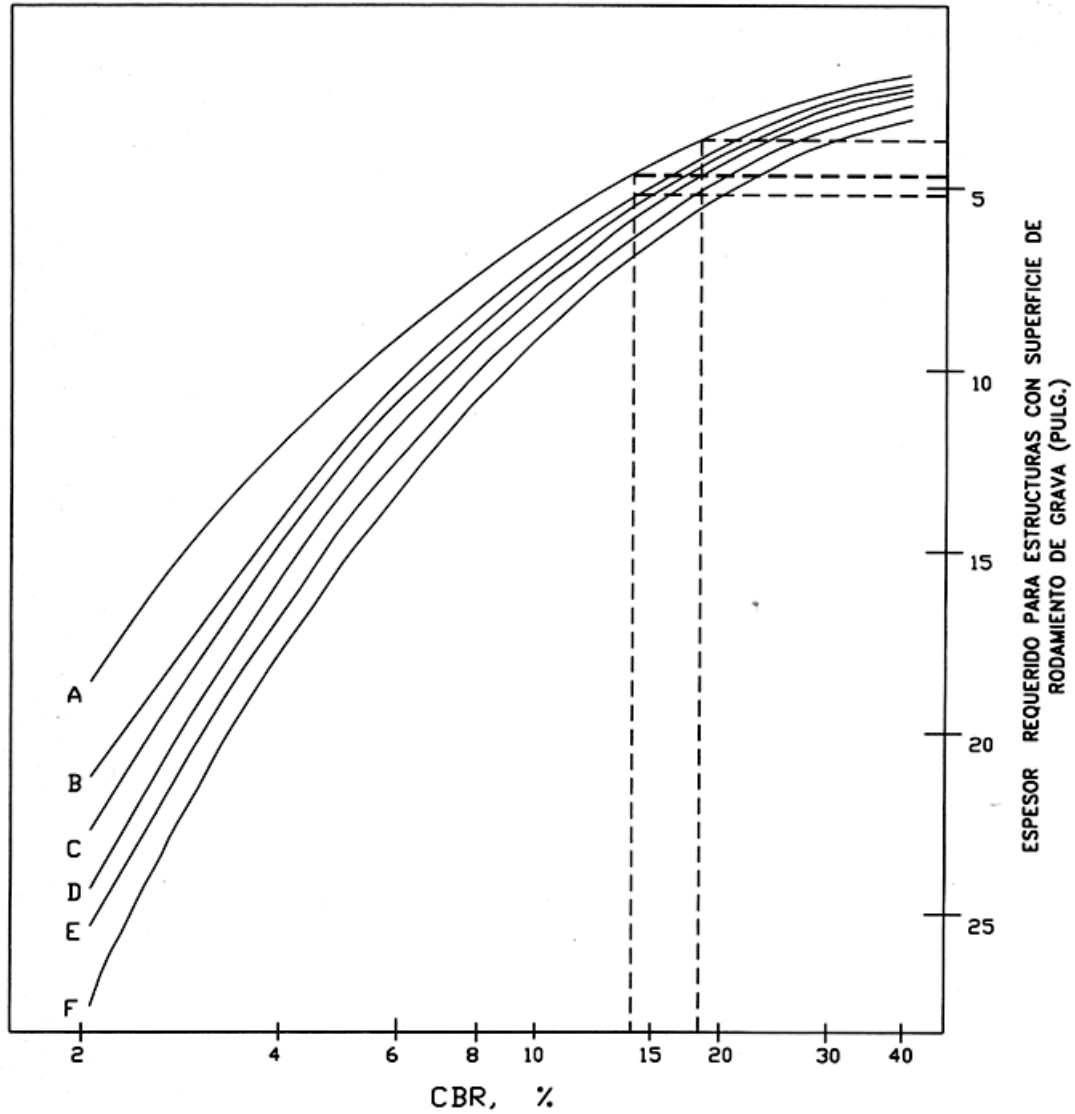
- En el sector entre Sincos y Paccha, la subrasante actual se encuentra constituida por el terreno natural que lo conforma, es decir, de terracería, la cual está formada en parte por material fino y plástico. Como consecuencia de esta situación se pueden verificar los siguientes problemas:

- El afirmado, siendo de textura más abierta que la del suelo de la subrasante, permitiría que el material de la terracería se introduzca con mayor facilidad en un afirmado de poco espesor, pudiendo así provocar cambios volumétricos perjudiciales al variar las condiciones de humedad y, a la vez, disminuiría la resistencia estructural del pavimento;
- 
- Una vez que los finos se hayan introducido en el material de afirmado, se verificarían los bufamientos y revoltura de ambos materiales;
- El humedecimiento del afirmado de poco espesor, a partir de la superficie, se produce con mayor rapidéz, lo que facilita cambios volumétricos perjudiciales al variar las condiciones de humedad;
- En un pavimento con un espesor un poco mayor del necesario se dificulta la penetración del agua a través del mismo hasta la subrasante, lo que, de verificarse, provocaría la lubricación de las partículas con su consiguiente pérdida en la capacidad de soporte;
- En los sectores donde el suelo es material rocoso o conglomerado, la subrasante presenta mucha irregularidad en su superficie, situación que se nota especialmente en la Ruta Miraflores – Casablanca, lo cual obliga a considerar un espesor adicional de afirmado para regularizar dicha superficie.

Además de las condiciones indicadas, también es necesario tener en cuenta que para las pruebas de compactación de un pavimento se recomiendan espesores de 15 cm. de afirmado.



En base a las consideraciones expuestas y a los cálculos efectuados, se estima conveniente uniformizar el pavimento, adoptando un único espesor de 15 cm. para todo el sector comprendido entre Sincos y Paccha.



LETRA DE CURVA	N° DE REPETICIONES DE EJE ESTÁNDAR DE 18000 lb
A	10000
B	50000
C	100000
D	200000
E	500000
F	1000000

**CURVAS DE DISEÑO DE ESPESORES PARA ESTRUCTURAS CON Y SIN TRATAMIENTO BITUMINOSO, SEGUN ANALISIS USAGE**

CANTERA, Identificación	LLACUARI -PUEBLO	PISUPUQUIO	Km. 26 + 480
TAMIZ N°	% QUE PASA	% QUE PASA	% QUE PASA
3"	100.0	100	100
2"	100.0	100	100
1 1/2"	100.0	100	100
1"	98.2	97	79
3/4"	89.6	92	75
1/2"	-	80	65
3/8"	73.4	67	59
No 4	53.7	52	47
No 8	-	40	36
No 10	40.6	-	-
No 16	-	34	29
No 20	34.4	-	-
No 30	-	20	17
No 40	30.1	-	-
No 50	-	10	12
No 60	27.4	-	-
No 100	22.5	5	8
No 200	18.3	4	6
Densidad aparente, Tn/m <sup>3</sup>	1.83	1.89	1.87
Humedad natural, %	6.67	4.66	9.93
Límite Líquido, %	24.23	-	-
Límite Plástico, %	18.60	-	-
Índice Plástico, %	5.63	N. P.	N. P.
Peso volumétrico seco máximo, gr/cm <sup>3</sup>	2.04	-	-
Contenido de agua óptimo, %	8.40	-	-
C B R (0.1"), %	51.4	-	-
C B R (0.2"), %	71.7	-	-
Abrasión, %	26.0	-	-
Equivalente de arena, %	15.0	-	-
AASHTO	A - 2 - 4 ( 0 )	A - 1 - b ( 0 )	A - 1 - b ( 0 )
SUCS	G M	S P	S W - S M

FUENTE DE AGUA, Identificación	Progresiva, Km. 08+033	Progresiva, Km. 09+033	Progresiva, Km. 15+156	Progresiva, Km. 29+172
p H	6.92	6.7	6.77	6.75
Cl, (ppm)	185	167	153	188
S O 4, (ppm)	< 10	< 10	< 10	< 10
Sales Solubles Totales, (ppm)	176	127	248	272

**OBS**

Los análisis químicos se refieren a las principales fuentes de agua, todas cruzan el camino, a excepción de la tercera, la que se encuentra a 150 mts., de distancia de la respectiva progresiva.

N. P. - No plástico

Por lo que concierne al sector Paccha – Miraflores, tomando en cuenta que la subrasante está constituida casi en su totalidad por un suelo de características superiores, se estima que el espesor calculado es el adecuado y, por lo tanto, por uniformidad se adopta también en este sector el espesor de 15 cm.

Con referencia al sector Miraflores – Casablanca, puesto que la subrasante está constituida por el mismo material del sector Paccha – Miraflores, se estima que el espesor calculado de 10 cm es adecuado a las exigencias de dicha subrasante, pero considerando las irregularidades que presenta la superficie de su subrasante, así como el espesor necesario que se requiere para las pruebas de compactación, optamos también para este sector un afirmado de 15 cm. de espesor.

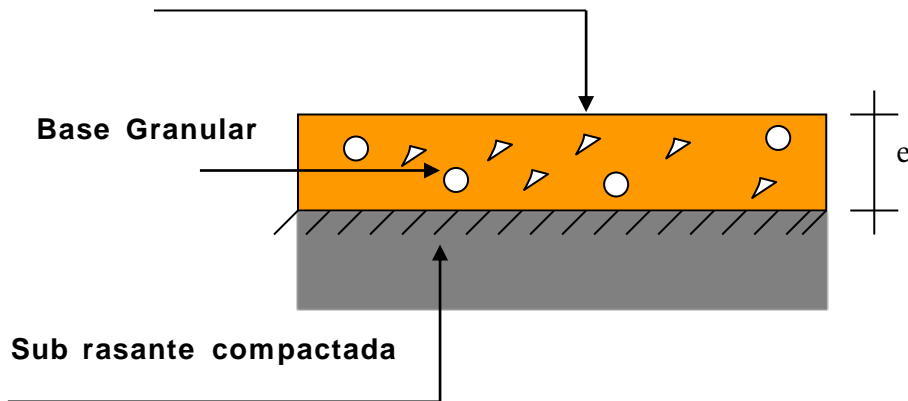
Por lo tanto, se concluye que, el espesor fijado para la carretera en estudio es el que se indica a continuación:

- RUTA 1: SINCOS – PACCHA – MIRAFLORES e = 15 cm.
- RUTA 2: MIRAFLORES – CASABLANCA ..... e = 15 cm.

### ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

Superficie Granular

Sin Recubrimiento Estructural



## **CAPITULO III**

### **ESTUDIO DE TRÁFICO**

#### **3.1 GENERALIDADES**

Al proyectar la construcción, la rehabilitación, el mejoramiento o el mantenimiento de una carretera, cualquiera sea su clasificación, se deberá tener presente fundamentalmente el volumen de tránsito que circulará por esa carretera durante un intervalo de tiempo dado, así como es necesario también conocer su variación en el tiempo, o sea: la proyección de su crecimiento y de su composición.

#### **3.2 OBJETIVOS**

Los objetivos que se quiere alcanzar son los siguientes:

- Conocer el Volumen Medio Diario Anual de cada tipo de vehículo que circula por un tramo de vía, válido para un determinado período de año, establecido a partir del censo volumétrico de una muestra en una estación de control.
- Conocer el origen y destino de los viajes de los vehículos, carga y pasajeros en una red de caminos analizada, medidos en toneladas/año y pasajeros/año.

#### **3.3 METODOLOGÍA**

La metodología aplicada para realizar el Estudio de Tráfico a consistido en lo siguiente:

- Planificación del estudio
- Toma de datos;
- Procesamiento de datos;
- Análisis de la información

### 3.4 DATOS DEL AFORO DE TRÁFICO

La composición del tráfico se ha estructurado según la siguiente clasificación:

- a. Vehículos Ligeros: pertenecen a esta clase de vehículos los automóviles, las camionetas, combis y micros.
- b. Vehículos Pesados: comprenden los camiones medianos, camiones de 2 ejes, camiones de 3 ejes y otros, entendiéndose por otros los tractores agrícolas y otros similares.
- c. Otros Medios: en estos medios se han considerado las motocicletas, bicicletas, peatones y acémilas.

En los siguientes cuadros se evidencian los resúmenes relativos al aforo del tráfico realizado del 21.10.08 al 27.10.08, cuyos datos se han obtenido del resumen de Vehículos por cada Estación, según el Anillo Vial del proyecto, que se adjunta en la página siguiente.

#### RESUMEN TOTAL DE VEHÍCULOS LIGEROS (Del 21.10.08 al 27.10.08)

TRAMO	TIPO DE VEHÍCULOS			
	Automóviles	Camionetas	Combis	Micros
Sincos – Aramachay	61	28	15	48
Aramachay - Llacuaripampa		13		
Llacuaripampa - Masajcancha		17		
Masajcancha - Paccha	6	22	39	
Paccha – Miraflores	41	32	189	37
Miraflores – Casablanca	12	17		

### RESUMEN TOTAL DE VEHÍCULOS PESADOS

(Del 21.10.08 al 27.10.08)

TRAMO	TIPO DE VEHÍCULOS			
	Camión Mediano	Camión 2 ejes	Camión 3 ejes	Otros
Sincos - Aramachay	58	17		3
Aramachay - Llacuaripampa	21	9		4
Llacuaripampa - Masajcancha	24	9		7
Masajcancha - Paccha	33	20		4
Paccha - Miraflores	55	46	6	13
Miraflores - Casablanca	6	3		1

### RESUMEN TOTAL DE OTROS MEDIOS

(Del 21.10.08 al 27.10.08)

TRAMO	TIPO DE VEHÍCULOS			
	Motocicleta	Bicicleta	Peatones	Acémilas
Sincos - Aramachay	5		215	170
Aramachay - Llacuaripampa		32	183	113
Llacuaripampa - Masajcancha		27	97	
Masajcancha - Paccha			130	
Paccha - Miraflores	9	11	133	
Miraflores - Casablanca		4	100	50

**RESUMEN DEL AFORO DE VEHICULOS POR CADA ESTACION**

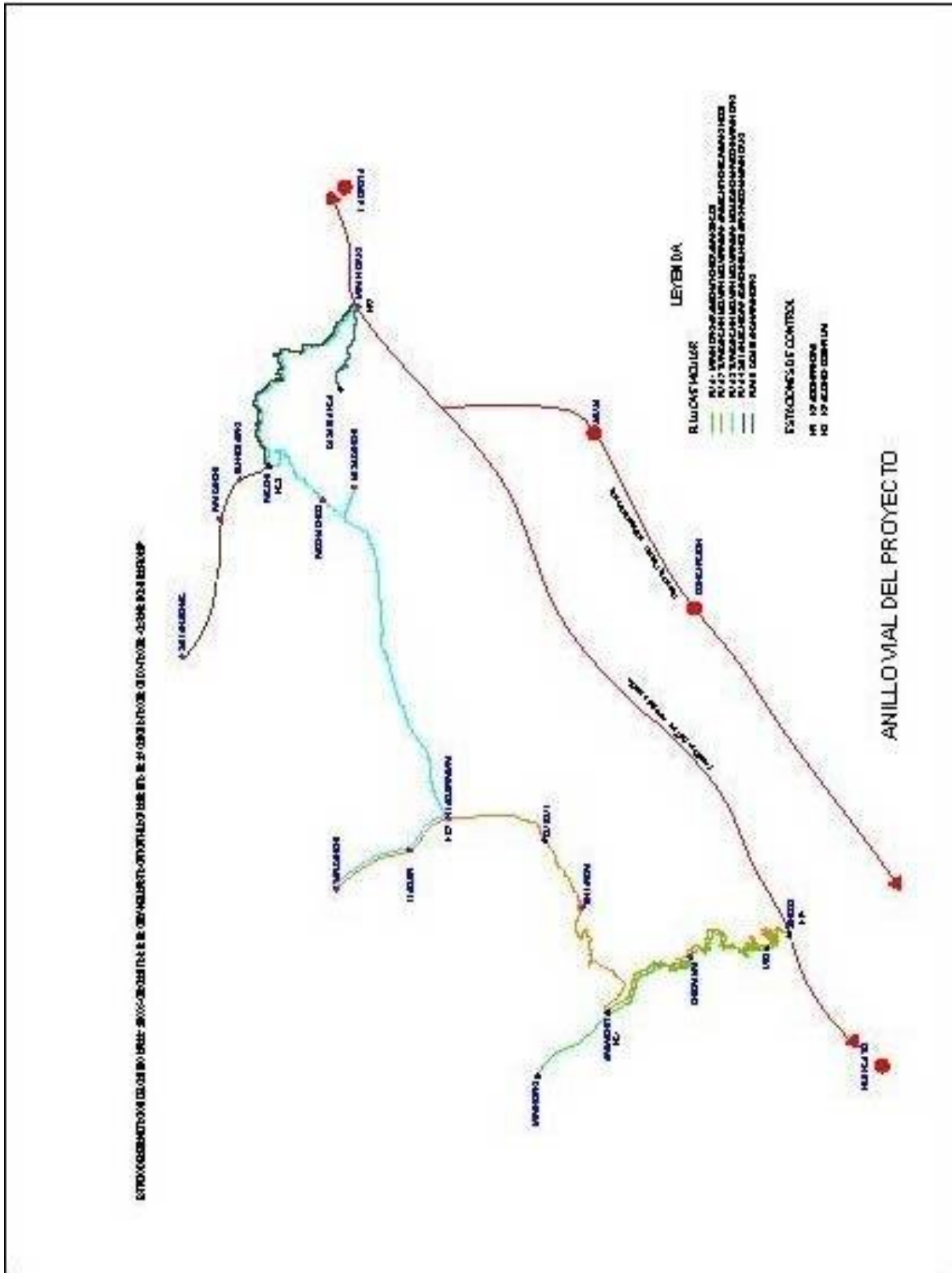
 ESTACIONES PRINCIPALES:  
 - En Simcos : EPI  
 - En Miraflores: EP2

 ESTACIONES DE COBERTURA:  
 - En Aramachay : EC1  
 - En Llacuaripampa: EC2  
 - En Paeccha : EC3

 SENTIDO: ---->E  
 <----S

TIPO DE VEHICULO	SENTIDO	ESTACION / RUTA						
		EPI Simcos-Aramachay	EC1 Aramachay-Llacuaripampa	EC2 Masajancha-Llacuaripampa	EC3 Paeccha-Masajancha	EP2 Miraflores-Paechu	EP2 Miraflores-Casablanca	
AUTOS	E	31			3		22	5
	S	30					19	7
CAMIONETAS PICK UP	E+S	61			6		41	12
	E	16	8	9	12		17	9
	S	12	5	8	10		15	8
	E+S	28	13	17	22		32	17
COMIBIS	E	8			20		94	
	S	7			19		95	
MICROS	E+S	15			39		189	
	E	28					17	
	S	20					20	
	E+S	48					37	
BUSSES 2 EJES	E							
	S							
	E+S							
	E	30	11	11	17		28	4
CAMIONES PEQUEÑOS	S	26	10	13	16		27	2
	E+S	56	21	24	33		55	6
	E	8	5	6	11		24	3
	S	9	4	3	9		22	
CAMION 2 EJES	E+S	17	9	9	20		46	3
	E						3	
CAMION 3 EJES	S						3	
	E+S						6	
OTROS	E	1	3	3	2		7	1
	S	2	1	4	2		6	
	E+S	3	4	7	4		13	1
	E	122	27	29	65		212	22
TOTAL	S	108	20	28	59		207	17
	E+S	230	47	57	124		419	39





### 3.5 FRECUENCIA DE LOS SERVICIOS

Los servicios de transporte en el área del Proyecto se encuentran constituidos por servicio de transporte de pasajeros y servicios de transporte de carga, los cuales se desarrollan a diferentes intensidades a través de la infraestructura vial existente, dependiendo estas de las condiciones socioeconómicas de cada lugar, de las características geométricas del recorrido y del estado de deterioro en que se encuentra actualmente el camino.

En los cuadros siguientes se muestra la frecuencia de los servicios de transporte en la zona del Proyecto, los cuales están dados en número de viajes por día.

#### FRECUENCIA DE LOS SERVICIOS

TIPO DE SERVICIO	TRAMO: SINCOS - ARAMACHAY			TRAMO: ARAMACHAY - LLACUARIPAMPA		
	Nº DE VIAJES	Nº DE DÍAS	FRECUENCIA (viajes/día)	Nº DE VIAJES	Nº DE DÍAS	FRECUENCIA (viajes/día)
<b>SERVICIO DE PASAJEROS</b>						
Automóviles	61	7	9	0	7	0
Camionetas	28	7	4	13	7	2
Combis	15	7	2	0	7	0
Micros	48	7	7	0	7	0
<b>SERVICIO DE CARGA</b>						
Camión mediano	58	7	8	21	7	3
Camión 2 ejes	17	7	2	9	7	1
Otros	3	7	0	4	7	1

### FRECUENCIA DE LOS SERVICIOS

TIPO DE SERVICIO				TRAMO: MASAJCANCHA - PACCHA		
	N° DE VI AJ ES	N° DE DÍAS	FRECUENCIA (viajes/día)	N° DE VI AJ ES	N° DE DÍAS	FRECUENCIA A (viajes/día)
<b>SERVICIO DE PASAJEROS</b>						
Automóviles	0	7	0	6	7	1
Camionetas	17	7	2	22	7	3
Combis	0	7	0	39	7	6
Micros	0	7	0	0	7	0
<b>SERVICIO DE CARGA</b>						
Camión mediano	24	7	3	33	7	5
Camión 2 ejes	9	7	1	20	7	3
Otros	7	7	1	4	7	1

### FRECUENCIA DE LOS SERVICIOS

TIPO DE SERVICIO	TRAMO: PACCHA - MIRAFLORES			TRAMO: MIRAFLORES - CASABLANCA		
	N° DE VI AJ ES	N° DE DÍAS	FRECUENCIA (viajes/día)	N° DE VI AJ ES	N° DE DÍAS	FRECUENCIA A (viajes/día)
<b>SERVICIO DE PASAJEROS</b>						
Automóviles	41	7	6	12	7	2
Camionetas	32	7	5	17	7	2
Combis	18	7	27	0	7	0
Micros	9	7	5	0	7	0
<b>SERVICIO DE CARGA</b>						
Camión mediano	37	7	8	6	7	1

Camión 2 ejes	46	7	7	3	7	0
Camión 3 ejes	6	7	1	0	7	0
Otros	3	7	0	1	7	0

### 3.6 NÚMERO DE EMPRESAS DE TRANSPORTE

En particular, como empresa de transporte de pasajeros legalmente constituida existe solamente una en el trecho Masajcancha – Paccha – Miraflores, llegando hasta Jauja y Huancayo. Esta Empresa pertenece a la Municipalidad de Paccha, tiene su domicilio en este mismo lugar y sus vehículos están conformados por combis y micros.

El resto de los servicios de pasajeros se encuentra constituido por vehículos que pertenecen a particulares.

Con relación al servicio de carga, este está a cargo de medios de transporte particulares que cubren la ruta entera desde Sincos hasta Miraflores.

### 3.7 ORIGEN Y DESTINO DEL TRÁNSITO

Se ha constatado que los diferentes centros poblados ubicados en los diferentes puntos de la carretera a rehabilitarse están relacionados, a través de los poblados de Sincos y Miraflores, con los mayores centros urbanos de la zona como son: Huancayo, Jauja, Concepción, San Jerónimo y La Oroya, de la cual el tráfico se dirige hacia varias direcciones: Lima, Tarma, Cerro de Pasco, etc.

**ORIGEN Y DESTINO DE VEHÍCULOS DE CARGA**

(DESDE LA CARRETERA A REHABILITARSE)

ORIGEN DESTINO	ARAMACHAY	LLACUARIPAMPA	MASAJCANCHA	PACCHA	MIRAFLORES	CASABLANCA
	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD
SINCOS	27	11				
MIRAFLORES		19	6	24		2

(HACIA LA CARRETERA A REHABILITARSE)

DESTINO ORIGEN	ARAMACHAY	LLACUARIPAMPA	MASAJCANCHA	PACCHA	MIRAFLORES	CASABLANCA
	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD
SINCOS	28	10				
MIRAFLORES		23	5	24		7

**ORIGEN Y DESTINO DE VEHÍCULOS DE PASAJEROS**

(DESDE LA CARRETERA A REHABILITARSE)

ORIGEN DESTINO	ARAMACHAY	LLACUARIPAMPA	MASAJCANCHA	PACCHA	MIRAFLORES	CASABLANCA
	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD
SINCOS	69	6				
MIRAFLORES		7	32	149		15

(HACIA LA CARRETERA A REHABILITARSE)

DESTINO ORIGEN	ARAMACHAY	LLACUARIPAMPA	MASAJCANCHA	PACCHA	MIRAFLORES	CASABLANCA
	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD
SINCOS	74	9				
MIRAFLORES		8	27	115		14

Los resultados de la investigación de origen y destino están claramente evidenciados, tanto de la carretera hacia el exterior (hacia Sincos o Miraflores), como desde el exterior hacia la carretera (desde Sincos o Miraflores), en los cuadros de la página anterior, los cuales se encuentran diferenciados en origen y destino para vehículos de carga y origen y destino para vehículos de pasajeros.

### 3.8 TIEMPO PROMEDIO DE VIAJE

Se ha elaborado un cuadro en el que aparecen el tiempo promedio con el cual los diferentes tipos de vehículos recorren la distancia entre las varias poblaciones a lo largo de la carretera.

Dichos cuadros son los que se ubican a continuación:

<b>TIEMPO PROMEDIO DE VIAJE ENTRE LAS DIFERENTES POBLACIONES</b>						
<b>(EN HORAS)</b>						
TIPO DE VEHÍCULO	TRAMO					
	SINCO S - ARAMA CHAY	ARAMAC HAY - LLACUAR IPAMPA	LLACUARI PAMPA- MASAJCA NCHA	MASAJC ANCHA- PACCHA	PACCHA - MIRAFLORES	MIRAFLORES - CASABLANCA
Automóviles y Camionetas	0.40	0.30	0.25	0.20	0.25	0.17
Combis y Micros	0.45	0.34	0.30	0.25	0.30	0.20
Camión mediano	0.70	0.50	0.47	0.32	0.40	0.30
Camión 2 ejes						
Camión 3 ejes		0.70	0.60	0.40	0.60	

### 3.9 COSTO PROMEDIO DE TRANSPORTE

Con referencia al costo promedio se han redactado dos tipos de cuadros que consideran las posibles rutas para pasajeros y/o carga.

El costo de transporte viene evidenciado, tanto para los pasajeros cuanto para las cargas, así como se visualiza en el siguiente cuadro.

**COSTO PROMEDIO DE TRANSPORTE SEGÚN ORIGEN Y DESTINO (S/.)**

ORIGEN O DESTINO	DESTINO U ORIGEN			
	SINCOS		MIRAFLORES	
	POR PASAJERO	FLETE POR KG.	POR PASAJERO	FLETE POR KG.
ARAMACHAY	2.50	1.50	*	*
LLACUARIPAM PA	3.50	0.80	3.00	1.50
PACCHA	*	*	1.70	1.00
CASABLANCA	*	*	1.10	0.80

(\*) El Tránsito mayoritariamente se realiza a través de la Carretera Central.

### 3.10 ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE FLETES LUEGO DE LA REHABILITACIÓN

Con la rehabilitación de la carretera en objeto, las condiciones de tránsito de los vehículos mejorarán sensiblemente y, por lo tanto, el costo de los fletes podrá disminuir proporcionalmente al incremento del nivel de la calidad del tráfico.

En la estimación mencionada, se ha considerado que el sector Sincos – Aramachay tendrá una mejora sensible y, por lo tanto, las condiciones de tránsito mostrarán una diferencia sustancial que se reflejará en una reducción considerable.

Lo mismo se puede considerar que se verificará en los sectores Llacuaripampa – Paccha y Casablanca – Miraflores.

Por lo que concierne al sector Aramachay – Llacuaripampa, la diferencia es de menor magnitud, en cuanto también actualmente la carretera, aunque presente varios sectores con dificultades, estas no son del mismo tamaño de los sectores mencionados previamente.

Finalmente, para el trecho Paccha – Miraflores, la mejora será más reducida y, por lo tanto, también la diferencia en el costo de los fletes será menor que en los casos anteriormente tratados.

Refiriéndose a los varios sectores como rutas de recorrido, a continuación se indica la estimación de la disminución en el costo de dichos fletes estimada en porcentajes:

**REDUCCION ESTIMADA DEL FLETE POR  
EFECTO DE LA REHABILITACION  
(%)**

RUTA	REDUCCIÓN ESTIMADA
Sincos – Aramachay	
Aramachay - Llacuaripampa	15%
Llacuaripampa – Paccha	10%
Paccha – Miraflores	15%
Casablanca – Miraflores	7%
	15%

### 3.11 TRÁNSITO NO MOTORIZADO

También se ha realizado el aforo del tráfico no motorizado correspondiente al movimiento de peatones y acémilas, del cual, en el siguiente cuadro se muestra el resumen de dicho tránsito.



## RESUMEN DEL TRÁNSITO DE PEATONES Y ACÉMILAS

TRAMO	PEATONES		ACÉMILAS	
	TOTA	PROM/DI	TOTA	PROM/DI
	L	A	L	A
Sincos – Aramachay	215	31	170	24
Aramachay – Llacuaripampa	183	26	113	2
Llacuaripampa – Masajcancha	97	14		
Masajcancha – Paccha	130	19		
Paccha – Miraflores	133	19		
Miraflores – Casablanca	100	14	50	7

Se hace notar que el movimiento peatonal que se ha registrado entre Paccha y Miraflores, se debe a la presencia de estudiantes, los cuales estaban llevando a cabo sus prácticas de campo por la zona. En efecto, en la ruta Paccha – Miraflores transitan numerosos vehículos de pasajeros.

### 3.12 CAMBIOS DEBIDO A LA REHABILITACIÓN

La cantidad de vehículos registrado en el aforo realizado está condicionada por la situación actual de la carretera, pero considerando que la carretera rehabilitada ofrecerá condiciones considerablemente superiores a las actuales, deriva la necesidad de evaluar los posibles cambios en la composición vehicular y luego reajustar los datos del aforo a la situación que se generará con la carretera rehabilitada.

Como consecuencia del análisis de los datos del aforo, se desprende que en la carretera rehabilitada se originará un nuevo Tráfico Generado resultante de las siguientes situaciones:

- **Tráfico trasladado, debido al cambio de ruta de los vehículos de carga.**

En los cuadros de origen y destino de los vehículos de carga se aprecia que hay una corriente de tráfico para vehículos de carga que desde Aramachay se dirigen a las localidades de Jauja y Concepción y viceversa, del cual, aproximadamente, el 50% del tráfico tiene como origen y/o destino el sector de Aramachay ubicado en la ruta Aramachay – Llacuaripampa.

Esta corriente de tráfico transita por la localidad de Sincos, no obstante dicha ruta presenta una longitud mayor que la ruta que transita por Llacuaripampa – Paccha – Miraflores.

Consultado a los interesados la razón de este aparente contrasentido, la respuesta ha sido que era preferible transitar por la ruta más larga, en cuanto la más corta presentaba muchos trechos en condiciones de transitabilidad muy difíciles, en especial aquellos ubicados en el trecho Aramachay – Llacuaripampa – Paccha.

De lo anterior se desprende que, una vez rehabilitada la carretera en objeto, se generará un TRÁFICO TRASLADADO del 50% de los vehículos de carga desde la ruta Aramachay – Sincos – Jauja/Concepción o La Oroya a la ruta Aramachay – Llacuaripampa – Paccha – Miraflores – Jauja/Concepción o La Oroya.

Debido a lo expuesto, el tráfico vehicular actual deberá ser reajustado en función del Tráfico Traslado de los vehículos de carga.

- **Tráfico Convertido, por consecuencia del incremento y expansión de los servicios de pasajeros.**

La cantidad de peatones que recorren los trechos mencionados, una vez rehabilitada la carretera, generará un TRÁFICO CONVERTIDO en cuanto obligará a los vehículos de pasajeros a

establecer nuevas rutas también en las localidades actualmente no cubiertas por el servicio.

En función al Tráfico Generado mencionado se determina la variación que incide sobre el tráfico actual, siendo dichos porcentajes de variación los que se indican en el cuadro siguiente.

**PORCENTAJE DE INCIDENCIA POR EFECTO DEL TRÁFICO GENERADO**

TRAMO	VEH. PES. ANTES DE REHABIL	TRAF. TRASL. VEH. DE CARGA	VARIAC. EN VEH. PESADOS %	VEH. LIG. ANTES DE REHABIL.	TRAF. CONV. VEH. PASAJ	VARIAC. EN VEH. LIGEROS %
Sincos – Aramachay	78	-30	-38	152	6	4
Aramachay – Llacuaripampa	34	21	62	13	6	46
Llacuaripampa – Masajcancha	40	51	128	17	2	12
Masajcancha – Paccha	57	51	89	67	2	3
Paccha – Miraflores	120	51	43	299		0
Miraflores – Casablanca	10		0	29	2	7

**3.13 COMPOSICIÓN VEHICULAR POR EFECTO DE LA REHABILITACIÓN DEL CAMINO**

Con los porcentajes de variación calculados en el numeral anterior, aplicados al Tráfico Actual según el aforo de vehículos por cada estación que se indica en el numeral 3.4, se obtienen los datos relativos al aforo afectado por el Tráfico Generado, siendo dichos nuevos datos los que se indican en los cuadros "COMPOSICIÓN VEHICULAR PARA LA CARRETERA REHABILITADA", que se anexan en las páginas anteriores

### COMPOSICION VEHICULAR PARA LA CARRETERA REHABILITADA

TRAMO : SINCOS - ARAMACHAY

COMPOSICIÓN VEHICULAR	LUN	MAR	MIE	JUE	VI E	SÁ B	DO M	TOTA L
<b>VEHICULOS LIGEROS</b>	Variación: 4%							
Automóviles	9	7	12	7	5	8	14	62
Camionetas	5	2	5	4	4	2	6	28
Combis	1	3	3	1	2	0	5	15
Micros	6	6	8	6	6	4	12	48
<b>Total VL</b>	<b>21</b>	<b>18</b>	<b>28</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>37</b>	<b>153</b>
<b>VEHICULOS PESADOS</b>	Variación: -38%							
Camión Mediano	6	6	4	5	2	10	3	36
Camión 2 ejes	1	1	3	1	1	1	2	10
Otros	0	1	1	0	1	0	0	3
<b>Total VP</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>49</b>
<b>TOTAL VEH.</b>	<b>28</b>	<b>26</b>	<b>36</b>	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>25</b>	<b>42</b>	<b>202</b>

TRAMO : ARAMACHAY - LLACUARIPAMPA

COMPOSICIÓN VEHICULAR	LUN	MAR	MIE	JUE	VI E	SÁ B	DO M	TOTA L
<b>VEHICULOS LIGEROS</b>	Variación: 46%							
Automóviles	0	0	0	0	0	0	0	0
Camionetas	0	1	3	3	4	1	6	18
Combis	0	0	0	0	0	0	0	0
Micros	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total VL</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>18</b>
<b>VEHICULOS PESADOS</b>	Variación: 62%							
Camión Mediano	3	6	6	3	2	6	6	32
Camión 2 ejes	0	2	3	0	2	3	5	15
Otros	2	2	2	2	0	0	0	8
<b>Total VP</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>55</b>
<b>TOTAL VEH.</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>73</b>

TRAMO LLACUARIPAMPA -  
MASAJCANCHA

COMPOSICIÓN VEHICULAR	LUN	MAR	MIE	JUE	VI E	SÁ B	DO M	TOTA L
<b>VEHICULOS LIGEROS</b>	Variación:	12%						
Automóviles	0	0	0	0	0	0	0	0
Camionetas	2	3	2	3	2	1	4	17
Combis	0	0	0	0	0	0	0	0
Micros	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total VL</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>17</b>
<b>VEHICULOS PESADOS</b>	Variación:	128%						
Camión Mediano	5	9	11	5	5	7	14	56
Camión 2 ejes	2	2	2	2	2	5	5	20
Otros	2	0	5	2	2	5	0	16
<b>Total VP</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>18</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	<b>92</b>
<b>TOTAL VEH.</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>18</b>	<b>23</b>	<b>109</b>

**COMPOSICION VEHICULAR PARA LA CARRETERA REHABILITADA**

: MASAJCANCHA -  
PACCHA

TRAMO

COMPOSICIÓN VEHICULAR	LUN	MA R	MI E	JU E	VI E	SÁ B	DO M	TOTA L
<b>VEHICULOS LIGEROS</b>	Variación:	3%						
Automóviles	1	0	1	1	1	0	2	6
Camionetas	3	3	2	4	3	2	5	22
Combis	4	5	8	4	4	4	10	39
Micros	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total VL</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>17</b>	<b>67</b>
<b>VEHICULOS PESADOS</b>	Variación:	89%						
Camión Mediano	6	9	13	8	6	9	11	62
Camión 2 ejes	4	4	6	6	6	8	6	40
Otros	0	0	0	2	0	4	2	8
<b>Total VP</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>110</b>
<b>TOTAL VEH.</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>30</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>27</b>	<b>36</b>	<b>177</b>

: PACCHA -  
MIRAFLORES

TRAMO

COMPOSICIÓN VEHICULAR	LUN	MA R	MI E	JU E	VI E	SÁ B	DO M	TOTA L
<b>VEHICULOS LIGEROS</b>	Variación:	0%						
Automóviles	6	5	6	12	2	3	7	41
Camionetas	4	5	5	4	4	4	6	32
Combis	16	17	41	32	21	17	45	189
Micros	5	4	10	6	5	0	7	37
<b>Total VL</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>62</b>	<b>54</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>65</b>	<b>299</b>
<b>VEHICULOS PESADOS</b>	Variación:	43%						
Camión Mediano	6	10	21	10	7	10	14	78
Camión 2 ejes	4	4	9	7	10	9	23	66
Camión 3 ejes	0	0	0	3	3	0	3	9
Otros	4	1	3	6	1	3	0	18
<b>Total VP</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>33</b>	<b>26</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>40</b>	<b>171</b>
<b>TOTAL VEH.</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>95</b>	<b>80</b>	<b>53</b>	<b>46</b>	<b>105</b>	<b>470</b>

: MIRAFLORES -  
CASABLANCA

TRAMO

COMPOSICIÓN VEHICULAR	LUN	MA R	MI E	JU E	VI E	SÁ B	DO M	TOTA L
<b>VEHICULOS LIGEROS</b>	Variación:	7%						
Automóviles	2	0	2	1	2	2	3	12
Camionetas	2	2	3	2	2	2	4	17
Combis	0	0	0	0	0	0	0	0
Micros	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total VL</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>29</b>
<b>VEHICULOS PESADOS</b>	Variación:	0%						
Camión Mediano	0	2	2	0	0	0	2	6
Camión 2 ejes	0	0	0	2	0	0	1	3
Otros	0	0	0	0	0	1	0	1
<b>Total VP</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>10</b>
<b>TOTAL VEH.</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>39</b>

### 3.14 TRÁFICO MEDIO DIARIO

#### 1. TRÁFICO MEDIO DIARIO SEMANAL (TMDS)

Se obtiene a través de la siguiente relación:

$$TMDS = \frac{TS}{7}$$

Donde:

TMDS : Tráfico Medio Diario Semanal

TS : Tráfico durante una semana

En función a esta relación, en el siguiente cuadro se indica el TMDS correspondiente a los diferentes tramos del Proyecto.

#### CÁLCULO DEL TRÁNSITO MEDIO DIARIO SEMANAL (TMDS)

TRAMO	TRAFICO DIARIO (TDi)								TMD S
	LUN	MAR	MI E	JU E	VI E	SÁB	DOM	TOTA L	
Sincos - Aramachay	28	26	36	24	21	25	42	202	29
Aramachay - Llacuaripampa	5	11	14	8	8	10	17	73	10
Llacuaripampa - Masajcancha	11	14	20	12	11	18	23	109	16
Masajcancha - Paccha	18	21	30	25	20	27	36	177	25
Paccha - Miraflores	45	46	95	80	53	46	105	470	67
Miraflores - Casablanca	4	4	7	5	4	5	10	39	6

## 2. TRÁFICO MEDIO DIARIO ANUAL (TMDA)

Lo determinamos a partir de la siguiente fórmula:

$$TMDA = TMDS \pm K\sigma$$

$$TMDA = TMDS \pm K \frac{S}{\sqrt{n}} \left( \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right)$$

Donde:

TMDA : Tráfico Medio Diario Anual

TMDS : Tráfico Medio Diario Semanal

K : Número de desviaciones estándar correspondiente al nivel de confiabilidad deseado:

= 1.64, para un nivel de confiabilidad del 90%.

= 1.96, para un nivel de confiabilidad del 95%.

$\sigma$  : Estimación de la desviación estándar poblacional

S : Estimación de la desviación estándar muestral

N : Número de días al año

N = 365

n : Número de días en una semana

n = 7

En los cuadros que aparecen a continuación se evidencia el valor de la desviación estándar muestral (S) y de la desviación estándar poblacional ( $\sigma$ )



### CALCULO DE LA DESVIACION ESTÁNDAR MUESTRAL (S)

TRAMO	TRAFICO DIARIO (TDi)								TMD S	DIAS DE AFO RO (n)	S
	LUN	MA R	MIE	JUE	VIE	SÁ B	DOM	TOTAL			
Sincos – Aramachay	28	26	36	24	21	25	42	202	29	7	7.45
Aramachay – Llacuaripampa	5	11	14	8	8	10	17	73	10	7	4.06
Llacuaripampa – Masajcancha	11	14	20	12	11	18	23	109	16	7	4.81
Masajcancha - Paccha	18	21	30	25	20	27	36	177	25	7	6.32
Paccha – Miraflores	45	46	95	80	53	46	105	470	67	7	25.6 9
Miraflores – Casablanca	4	4	7	5	4	5	10	39	6	7	2.27

### CALCULO DE LA DESVIACION ESTÁNDAR POBLACIONAL ( $\sigma$ )

TRAMO	TMDS	S	N	n	$\sigma$
Sincos – Aramachay	29	7.45	365	7	2.79
Aramachay – Llacuaripampa	10	4.06	365	7	1.52
Llacuaripampa – Masajcancha	16	4.81	365	7	1.80
Masajcancha – Paccha	25	6.32	365	7	2.37
Paccha – Miraflores	67	25.69	365	7	9.63
Miraflores – Casablanca	6	2.27	365	7	0.85

Reemplazando datos, los valores del TMDA son los que se muestran en el cuadro siguiente.

### CALCULO DEL TRAFICO MEDIO DIARIO ANUAL (TMDA)

TRAMO	TMDS	K	$\sigma$	INTERVALO DEL TMDA		TMDA ELEGIDO (veh/día)
				VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	
Sincos – Aramachay	29	1.96	2.79	24	34	34
Aramachay - Llacuaripampa	10	1.96	1.52	7	13	13
Llacuaripampa - Masajcancha	16	1.96	1.80	12	20	20
Masajcancha – Paccha	25	1.96	2.37	20	30	30
Paccha – Miraflores	67	1.96	9.63	48	86	86
Miraflores – Casablanca	6	1.96	0.85	4	8	8

Se ha elegido el valor máximo del intervalo de confianza, por cuanto, el período de aforo no corresponde a períodos de cosecha, cuando el movimiento de vehículos de carga es considerablemente intenso, y tampoco están presentes los días festivos y ferias importantes.

### 3.15 PROYECCIONES DEL TRÁFICO

La determinación del tráfico vehicular futuro, así como el tráfico acumulado para el período de diseño, se ha realizado a partir de los cuadros COMPOSICION VEHICULAR PARA LA CARRETERA REHABILITADA indicado anteriormente.

#### 1. PROYECCIÓN DEL TRÁFICO MEDIO DIARIO

Se determina a partir de la siguiente relación:

$$TMDAn = TMDAi * (1+r)^n$$

Donde:

- TMDAn : Tráfico Medio Diario Anual en el año n  
 TMDAi : Tráfico Medio Diario Anual inicial  
 r : Razón de crecimiento anual  
 n : Número de años a partir del año inicial

Las proyecciones del tránsito de los vehículos se considera para un horizonte de planeamiento de 1 año para los procesos de aprobación, licitación y ejecución de obra y 5 años para el período de vida útil de la obra; por lo tanto, el número de años para la proyección del tráfico, a partir del presente año, es de  $n = 6$  años.

Con relación a la razón de crecimiento, no se cuenta con registros del flujo de tráfico por años, pero considerando que el camino en estudio se trata de una carretera relativamente joven y con poblaciones en proceso de crecimiento y desarrollo, estimamos que esta tasa, una vez rehabilitada la carretera, sea del 8% anual. En el cuadro siguiente se indica la proyección del Tráfico Medio Diario Anual para los diferentes años de vida útil del Proyecto.

#### PROYECCION DEL TRAFICO MEDIO DIARIO ANUAL (TMDAn)

TRAMO	TMDAi 2002	r %	TMDAn					
			AÑO 0	PERIODO DE DISEÑO				
			2003 n = 1	2004 n = 2	2005 n = 3	2006 n = 4	2007 n = 5	2008 n = 6
Sincos - Aramachay	34	8.00	37	40	43	46	50	54
Aramachay - Llacuaripampa	13	8.00	14	15	16	18	19	21
Llacuaripampa - Masajcancha	20	8.00	22	23	25	27	29	32
Masajcancha - Paccha	30	8.00	32	35	38	41	44	48
Paccha - Miraflores	86	8.00	93	100	108	117	126	136
Miraflores - Casablanca	8	8.00	9	9	10	11	12	13

## 2. CÁLCULO DEL TRÁFICO VEHICULAR ACUMULADO

El Tráfico Acumulado lo obtenemos a través de la siguiente fórmula:

$$TVA = TVi * \left[ \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right]$$

Donde:

TVA : Tráfico acumulado de vehículos en n años

TVAi : Tráfico de vehículos en el año inicial

r : Razón de crecimiento anual (r = 8%)

n : Número de años del tráfico acumulado (n = 5)

Los resultados del cálculo del Tráfico Vehicular Acumulado son los que se evidencian a continuación.

### CALCULO DEL TRAFICO VEHICULAR ACUMULADO EN 5 AÑOS

TRAMO	TMDA INICIAL (2003) (1)	Nº VEH. INICIAL (2003) (2)=(1)*365	TMDA FINAL (2008) (3)	Nº VEH. FINAL (2008) (4)=(3)*365	n (5)	Nº VEH. ACUM. (2008) =(5)*((2)+(4))/2
Sincos – Aramachay	37	13505	54.00	19710	5	83038
Aramachay - Llacuaripampa	14	5110	21.00	7665	5	31938
Llacuaripampa - Masajcancha	22	8030	32.00	11680	5	49275
Masajcancha – Paccha	32	11680	48.00	17520	5	73000
Paccha – Miraflores	93	33945	136.00	49640	5	208963
Miraflores – Casablanca	9	3285	13.00	4745	5	20075

## **CAPITULO IV**

### **ESTABILIDAD DE TALUDES**

#### **4.1 GENERALIDADES**

El trazo de la carretera está emplazado en terrenos de variada morfología, en algunos sectores los cortes que se realizaron en las laderas durante la ejecución de la trocha carrozable existente, han disturbado el equilibrio natural., pero en general, los taludes por las que atraviesa el trazo de la carretera, observan equilibrio y estabilidad. Existen lugares puntuales, donde se observan problemas de geodinámica externa, como son: derrumbes, deslizamientos, desprendimiento de rocas, erosión de laderas, etc., como consecuencia de:

- La intervención de la mano del hombre al haber ejecutado cortes de las laderas para la trocha carrozable existente; es decir: las condiciones de equilibrio y estabilidad que presentaban las laderas, han sufrido variaciones. Dadas las condiciones geomorfológicas, litológicas e hidrogeológicas existentes, los taludes tienden a alcanzar naturalmente el equilibrio.
- Los tipos de suelos por el que atraviesa la trocha carrozable existente, como son: terrazas de depósitos coluviales o coluviones, suelos residuales de gran potencia, o roca muy fracturada o suelta (o sea roca altamente meteorizada).
- La socavación del pie del talud, debido a la falta de obras de drenaje y de mantenimiento de la trocha carrozable actual.
- La existencia de ojos de agua puntuales, que en épocas de lluvia, al aumentar las presiones hidrostáticas, facilitan el desarrollo de la falla del talud por falta de obras de drenaje (cunetas, alcantarillas, etc.). O sea, la fluctuación de la napa freática, entre periodos de lluvia y estiaje, compromete la estabilidad de las laderas.

Para evitar o mitigar los problemas relacionados con la geodinámica externa, se recomienda:

- a. Desquinchar y perfilar los taludes en terreno suelto, cuyo talud deberá ser igual a 3V:1H, y limpiar los escombros acumulados.
- b. En terrenos rocosos, se deberá limpiar el material acumulado y desquinchar manualmente los bloques sueltos.
- c. En los lugares de los ojos de agua, se tendrá que ejecutar obras de drenaje adecuadas.

Los taludes que se han observado durante la prospección, se pueden resumir en los siguientes tipos: derrumbes, deslizamientos, desprendimientos de rocas, erosión de laderas.

**Desquinche**.- El desquinche en clastos, obviamente inestables, será manual, utilizando personal entrenado y experimentado en obras similares (ver ANEXOS: Fotografía N° 3). El personal utilizará equipo (cinturón de seguridad, sogas, grilletes, arneses), para subir los taludes, y palancas para realizar el desquinche.

**Perfilado del Talud**.- Para mejorar la geometría del talud, se tendrá que efectuar la conformación del talud de manera que permita mejorar las condiciones de estabilidad y, donde sea necesario, se colocará un muro de contención de concreto ciclópeo y/o muro de piedra en seco.

Como ya se dijo, el talud recomendado en los lugares en que se presenta material suelto, depósitos coluviales y/o residuales, deberá ser 1:3 (H:V). Al momento de ejecutar los taludes de corte, se debe desquinchar los bloques rocosos o depósitos de suelos que hayan quedado inestables.

#### **4.2 IDENTIFICACIÓN DE ZONAS INESTABLES**

La carretera existente en el tiempo de su construcción ha originado, como siempre sucede, un disturbio en el equilibrio natural de los suelos atravesados por ella.

Pero, como bien sabemos, la naturaleza tiende a encontrar y alcanzar el equilibrio y, con el tiempo, seguramente se logra. Esto es lo que ha acontecido también en el caso de la vía en objeto. En efecto, en el lapso transcurrido desde la terminación de los trabajos, el suelo ha ido gradualmente estabilizándose y en la actualidad son muy pocos los sectores donde se nota la falta de estabilidad. Estos sectores son los que se indican a continuación, habiéndose seleccionado las más representativas.

### **SECTOR SINCOS – MIRAFLORES**

**Del Km 00+210 al Km 00+222:** En este trecho se puede constatar que se ha verificado el desprendimiento del talud, el cual, a su vez, ha determinado el desmoronamiento de parte del hombro de la carretera. Como resultado, el ancho de la plataforma actual, por lo que es necesario restablecerlo.

**Al Km 00+625:** El agua, que fluye, fuera de control, por la plataforma, ha causado el desprendimiento del hombro izquierdo de la plataforma y la erosión en el talud debajo de la misma. Es obvio que, persistiendo esta situación, las condiciones seguirán empeorando. Por lo tanto, será indispensable intervenir con urgencia, sobre todo considerando que está presente la estación de lluvia.

**Del Km 01+480 al Km 01+495:** En este sector se manifiesta el fenómeno de continuos deslizamientos, los cuales obstruyen la cuneta (en realidad existe tan solo una pequeña canaleta y no hay cuneta), impidiendo el flujo del agua. En este sector también hay talud negativo. Es claro que esta situación es perjudicial para la estabilidad de la carretera, por lo que es necesario intervenir y restablecer una condición normal de servicio.

**Del Km 05+420 al Km 05+470:** Entre estas progresivas se presenta un deslizamiento del talud derecho originado por filtraciones que disminuyen considerablemente el ángulo de fricción interna del suelo, bajando su resistencia al esfuerzo de corte. Para que este fenómeno no continúe extendiéndose se requiere una rápida intervención.

**Del Km 24+590 al Km 24+630:** En este trecho el talud presenta más lesiones y se derrumba, en cuanto la masa de suelo que la conforma contiene una notable cantidad de agua, que filtra hacia la superficie del talud.

**Del Km 24+972 al Km 25+000:** El talud derecho, debajo de la plataforma se está desmoronando como consecuencia del mal estado en que se encuentra el muro de piedra en seco existente, ya parcialmente colapsado.

**Del Km 29+020 al Km 29+120:** Se nota la presencia de varios trechos donde existe en el talud material inestable, que se puede desprender en cualquier momento.

#### **SECTOR MIRAFLORES – CASABLANCA**

**Al Km 00+363:** En este punto el talud está siendo erosionado por el agua que proviene de un canal de regadío ubicado muy cerca del talud izquierdo de la carretera actual.

**Del Km 00+910 al Km 01+000:** Los muros de piedra en seco existentes no están bien contruidos, por lo que no constituyen una estructura de confianza, que puedan asegurar el ancho de la plataforma en su talud derecho.

**Del Km 01+015 al Km 01+090:** En este sector existe unos muros en seco, que deben ser demolidos por sus condiciones críticas, dado que existen algunos sectores ya colapsados.



**Del Km 01+350 al Km 01+410:** También en este trecho la situación es similar a la que se ha relatado entre el Km 01+015 y el Km 01+090.

Para resolver los principales problemas aquí reportados, a continuación se indicarán las medidas a adoptarse en la "estabilización de taludes mediante obras de arte y drenajes".

#### **4.3 ESTABILIZACIÓN DE TALUDES**

Para la funcionalidad de la carretera y no permitir que las condiciones negativas se amplíen pudiéndose llegar hasta la interrupción de la transitabilidad, se ha previsto alguna intervención, realizando obras de pequeña envergadura que puede restablecer las condiciones de equilibrio de la zona afectada.

#### **SECTOR SINCOS – MIRAFLORES**

**Del Km 00+210 al Km 00+222:** Se construirá un muro de piedra en seco para recuperar el ancho de la carretera; además se controlará el agua con la construcción de la cuneta y con el perfilado y el bombeo de la subrasante y el afirmado de la plataforma rehabilitada.

**Al Km 00+625:** También en este caso es necesario controlar el agua por medio de la cuneta, restablecer el ancho de la plataforma y perfilar adecuadamente su superficie; al mismo tiempo se deberá regularizar la superficie del talud y proceder a su revegetación durante la etapa de mantenimiento.

**Del Km 01+480 al Km 01+495:** Se deberá primero perfilar el talud, luego construir la cuneta y regularizar la superficie de la subrasante y del afirmado, dando el bombeo que le corresponde.

**Del Km 05+420 al Km 05+470:** Primero se removerá el material del talud que se encuentra en condición crítica de equilibrio, luego se perfilará el talud y se construirá un subdren que capte el agua infiltrada en el suelo del talud, incrementando, así, el ángulo de fricción interna del material y su capacidad de resistir al esfuerzo de corte. Se construirá también una salida adecuada para el agua captada por el mencionado subdren y, a continuación, se construirá un muro de contención en los sectores más críticos, donde la estructura interna del suelo se ha deteriorado profundamente, y finalmente se procederá a revegetar la superficie del talud en la etapa de mantenimiento.

**Del Km 24+590 al Km 24+630:** En este sector se presenta el mismo problema que existe en el trecho entre el Km 05+420 y el Km 05+470, por lo que se procederá de la misma manera.

**Del Km 24+972 al Km 25+000:** Para solucionar el problema que se presenta en estas progresivas se procede a la demolición del muro de piedra existente, se regulariza su base de asiento y, luego, se reconstruye la estructura, que será siempre de piedra en seco.

Se puede, así, restablecer el ancho de la plataforma que se ha previsto.

**Del Km 29+020 al Km 29+120:** Para evitar problemas de transitabilidad y de seguridad, se ha previsto remover el material inestable que actualmente existe en el talud y perfilar el mismo.

## **SECTOR MIRAFLORES – CASABLANCA**

**Al Km 00+363:** Para evitar la continuidad de la erosión en el talud, se ha previsto captar el agua del canal de regadío mediante un canal de bajada, para luego encausarlo a través de la cunetas.

**Del Km 00+910 al Km 01+000; del Km 01+015 al Km 01+090; del Km 01+350 al Km 01+410:** En estos sectores el problema es el

mismo. Existen unos muros en seco, cuya estructura no es confiable, tan es así que hay varios elementos (piedras) que han colapsado.

Por lo tanto la solución es la misma y es la siguiente: demolición y recuperación de las piedras que conforman la estructura actual, regularización de su superficie de apoyo y sucesiva reconstrucción del muro de piedra en seco; así mismo, se ha considerado mejorar estas zonas mediante nuevos muros secos.

## **CONCLUSIÓN**

Con las obras indicadas los sectores que actualmente presentan problemas de falta de estabilidad, amenazando la continua transitabilidad del camino, se encontrarán en buenas condiciones de equilibrio, con lo que se habrá asegurado, tanto la perenne disponibilidad de la vía, como la integridad física de los usuarios.

## **CAPITULO V**

### **CANTERAS Y FUENTES DE AGUA**

#### **5.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO**

El estudio de canteras permite ubicar, identificar y clasificar el material de préstamo a utilizarse en la conformación de la estructura del pavimento y obras menores de concreto.

Las canteras fueron seleccionadas previo análisis de alternativas y su explotación debe realizarse de manera de producir el menor daño al ambiente, así se trate de explotar un lecho de río o quebrada, un promontorio elevado (cerro), una ladera o extraer material del subsuelo.

Los trabajos de recuperación de las condiciones originales dentro de las áreas que serán afectadas por la explotación de canteras deben realizarse mediante levantamientos topográficos antes y después de la explotación, y otro levantamiento topográfico después de haberse efectuado los trabajos de readecuación para verificar y contrastar las condiciones iniciales y finales de las canteras. De requerirse selección de material, lo que origina desechos que es necesario eliminar, se deberá seguir las estipulaciones a las cuales se refiere el Manual Ambiental para el Diseño y Construcción de Vías del MTC.

#### **5.2 ENSAYOS DE LABORATORIO**

Los ensayos estándares se han llevado a cabo en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la Empresa GEOTECN S.R.L., en la ciudad de Huánuco y en SENCICO (Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción) en la ciudad de Lima.

Para determinar las propiedades índice y geotécnicas de las muestras se realizaron los siguientes ensayos de acuerdo a los procedimientos de la American Society for Testing and Materials (ASTM) que se indican a continuación:

▪ Determinación del contenido de humedad	D 2216
▪ Peso Unitario Volumétrico	D 2937
▪ Peso específico de sólidos	D 854
▪ Análisis granulométrico por tamizado	D 422
▪ Limite líquido, plástico e índice de plasticidad	D 4318
▪ Próctor Modificado (compactación)	D 1557
▪ Razón de Soporte California (C.B.R)	D 1883
▪ Abrasión e impacto (máquina de Los Angeles)	C131-1996
▪ Equivalente de arena	D 2419
▪ Clasificación de suelos, sistema SUCS	D 2487
▪ Clasificación de suelos, sistema AASHTO	D 3282

El resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio de las muestras de canteras se muestra en los cuadros N° 05 y N° 06.

### 5.3 EXPLOTACIÓN DE FUENTES DE MATERIALES

Aquellas canteras que no vayan a ser posteriormente utilizadas para la conservación de la carretera deben ser sometidas a un proceso de reacondicionamiento, tratando en lo posible de adecuar el área intervenida a la morfología del área circundante. Dependiendo del sistema de explotación adoptado, las acciones que deben efectuarse son las siguientes:

- La explotación de material aluvial (ríos) se realizará fuera de los cursos de agua y sobre las playas del lecho, ya que la movilización de maquinaria genera fuerte remoción de material.

- Nivelar los lechos de quebradas o ríos explotados, protegiendo las márgenes afectadas para evitar probables desbordamientos en épocas de grandes avenidas.
- Eliminar las rampas de carga
- Remover y almacenar adecuadamente la cubierta vegetal de la zona de préstamo, la que será reutilizada en el proceso de restauración.
- Eliminar el material descartado en la selección (o utilizarlo para rellenos)
- Peinar y alisar o redondear taludes para suavizar la topografía y evitar problemas de geodinámica externa
- Revegetar el área intervenida, utilizando el suelo orgánico retirado al inicio de la explotación.
- Evitar dejar zonas en que se pueda acumular agua y de ser necesario establecer un drenaje natural.

En las canteras que van a ser utilizadas posteriormente, el trabajo a efectuar es menor, el objeto es evitar problemas de geodinámica externa; por ejemplo, cuando se explotan laderas, el trabajo se debe realizar en forma paralela con la extracción del material.

En el caso de haber usado el lecho de un río o quebrada, dependiendo del volumen extraído, puede bastar una rápida nivelación del cauce y luego adoptar una explotación superficial del lecho en un área más extensa.

Los caminos de acceso y desvíos deberán quedar clausurados, excepto los que sirvan a canteras que serán usadas posteriormente, las que serán claramente delimitadas y señalizadas. Las áreas de los caminos de acceso clausurados deben ser recuperadas, debiendo nivelarse y revegetarse el área afectada.

Las principales canteras son las que se indican en el siguiente cuadro:

#### PRINCIPALES CANTERAS DEL PROYECTO

UBICACIÓN, PROGRESIVA	POTENCIA ESTIMADA, m <sup>3</sup>	DISTANCIA DE ACCESO, m	DESCRIPCIÓN
Pisupuquio	10 000	750, al Km. 00 + 000	Terraza aluvial, material para concreto y/o agregado granular de afirmado
Km. 06 + 500	5 000	Adyacente al camino, margen izquierda.	Rocas en bloques (cerro), resistentes, material para rellenos y/o enrocados
Km. 15 + 156 Km. 17 + 600	40 000	1700, desde los dos ingresos.	Depósito residual- coluvial de cerro o ladera, material para afirmado.
Km. 26 + 480	10 000	Adyacente al camino, margen izquierda.	Terraza aluvial, material para concreto y/o agregado granular de afirmado

En forma previa, se ha considerado la posibilidad de la existencia de otras canteras alternas que se ubiquen dentro de la zona de influencia del proyecto y presenten similares o mejores características que la cantera principal, y que permitan reducir las distancias de transporte. Sin embargo, con los resultados de las investigaciones realizadas, se ha llegado a la conclusión de que los materiales existentes no cumplen con los requisitos mínimos necesarios, optándose por ser desechadas.

En las canteras consideradas se encuentran los siguientes materiales:

- Agregados o material para préstamo.
- Agregados para base o afirmado.
- Agregados para concreto.
- Piedra grande para muros y cimientos.

Los detalles de las principales canteras respecto a su ubicación, accesos, potencia, usos y procedimientos necesarios se indican a continuación.

**a. Cantera Pisupuquio**

Ubicación	En la localidad de Sincos, a 1950 mts., de distancia de la progresiva Km. 00 + 000.
Acceso	Habilitado, en uso.
Descripción	Depósito de suelo aluvial, grava pobremente graduada (GP) con matriz arenosa y pocos finos no plásticos, con cantos y bolonerías en regular proporción (30%), actualmente se encuentra en proceso de explotación.
Potencia estimada	10 000 m <sup>3</sup>
Explotación	Limpieza superficial 0.50 m.
Antecedentes de explotación	Es una de las canteras de mayor explotación en la zona. Se ha utilizado en las obras de arte de las carreteras vecinales y de penetración de la zona, en la construcción de viviendas, etc.
Periodo de Explotación	Todo el año.
Usos y rendimiento	Rellenos (100%).
Procedimiento	Zarandeo.
Equipos	Cargador frontal.



**b. Cantera Progresiva Km. 06 + 500**

Ubicación	En el lado izquierdo adyacente a la vía, en la progresiva Km. 06 + 500.
Acceso	Habilitado, en uso.
Descripción	Cerro o ladera de material rocoso fracturado, luego de remoción se transforma en bloques de roca, angulosas y ásperas.
Potencia estimada	5 000 m <sup>3</sup>
Explotación	Limpieza superficial 0.80 m.
Antecedentes de explotación	Evidencia de haber sido utilizada para el mantenimiento de la vía.
Periodo de Explotación	Todo el año.
Usos y rendimiento	Rellenos (100%).
Procedimiento	Con explosivos.
Equipos	Compresora y retroexcavadora.

**c. Cantera Llacuari Pueblo**

Ubicación	En el lado izquierdo de la vía, a 1700 mts., de distancia de las progresivas Km. 15 + 156 y Km. 17 + 600.
Acceso	Habilitado, en uso.
Descripción	Cerro o ladera de material residual y coluvial, roca muy fracturada, luego de remoción se transforma en una grava limosa de buena graduación (GM), con gravas angulosas y finos de baja plasticidad.
Potencia estimada	40 000 m <sup>3</sup>
Explotación	Limpieza superficial 0.50 m.
Antecedentes de explotación	Ha sido utilizada para el mantenimiento de las vías o caminos cercanos.
Periodo de Explotación	Todo el año.
Usos y rendimiento	Afirmado (100%).
Procedimiento	Zarandeo.

Equipos	Cargador frontal.
---------	-------------------

**d. Cantera Progresiva Km. 26 + 480**

Ubicación	En el lado izquierdo adyacente a la vía, en la progresiva Km. 26 + 480.
Acceso	Habilitado, en uso.
Descripción	Depósito de suelo aluvial, arena limosa bien graduada (SW-SM) y pocos finos no plásticos, con cantos y bolonerías en regular proporción (20%), actualmente se encuentra en proceso de explotación.
Potencia estimada	10 000 m <sup>3</sup>
Explotación	Limpieza superficial 0.50 m.
Antecedentes de explotación	Es una de las canteras de mayor explotación en la zona. Se ha utilizado en las obras de arte de las carreteras vecinales y de penetración de la zona, en la construcción de viviendas, etc.
Periodo de Explotación	Todo el año.
Usos y rendimiento	Rellenos (100%).
Procedimiento	Zarandeo.
Equipos	Cargador frontal.

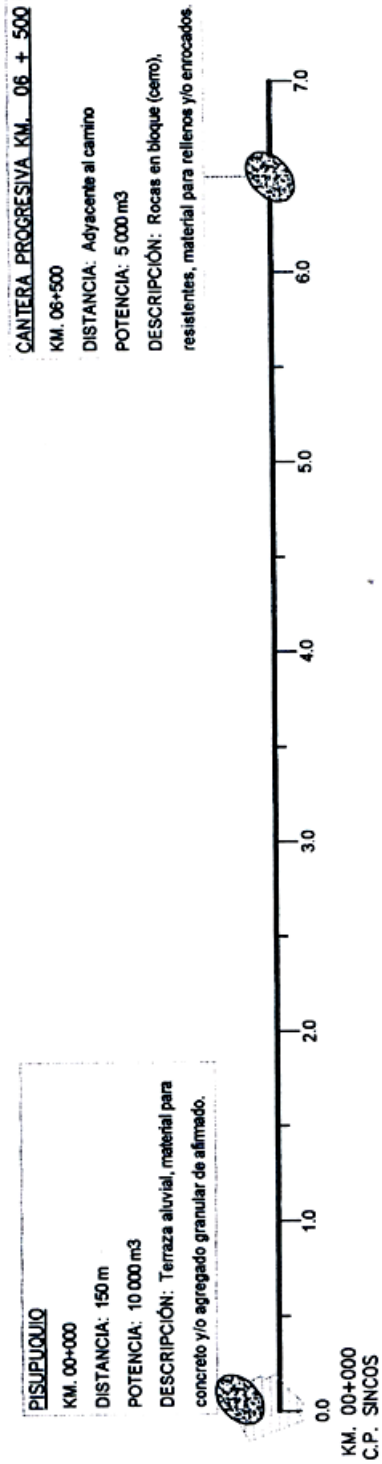
Se presenta la ubicación de los bancos de materiales. Asimismo, para el material de afirmado se adjunta el correspondiente cálculo de la Distancia Media de Transporte.

Las canteras cuentan con accesos habilitados en uso, los que se encuentran en buenas condiciones.

Si bien es cierto que la distancia media hacia los tramos iniciales y finales de la vía proyectada se incrementa relativamente, la calidad de los materiales y la disponibilidad existente lo justifican.

Los volúmenes señalados son los que se consideran netos a obtener, luego del proceso de extracción y selección, incluyendo los factores de merma por limpieza superficial y desbroce de plantas existentes sobre el área de explotación.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - PROVIAS RURAL  
 PROYECTO: REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL SINCOS - PACCHA - MIRAFLORES - CASABLANCA.  
 TRAMO: SINCOS - PACCHA - MIRAFLORES.



MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - PROVÍAS RURAL  
PROYECTO: REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL SINCOS - PACCHA - MIRAFLORES - CASABLANCA.  
TRAMO: SINCOS - PACCHA - MIRAFLORES.

**CANTERA LLACUARIPUEBLO**

KM. 15+156 y 17+600

DISTANCIA: 1700 m desde los dos ingresos

POTENCIA: 40 000 m<sup>3</sup>

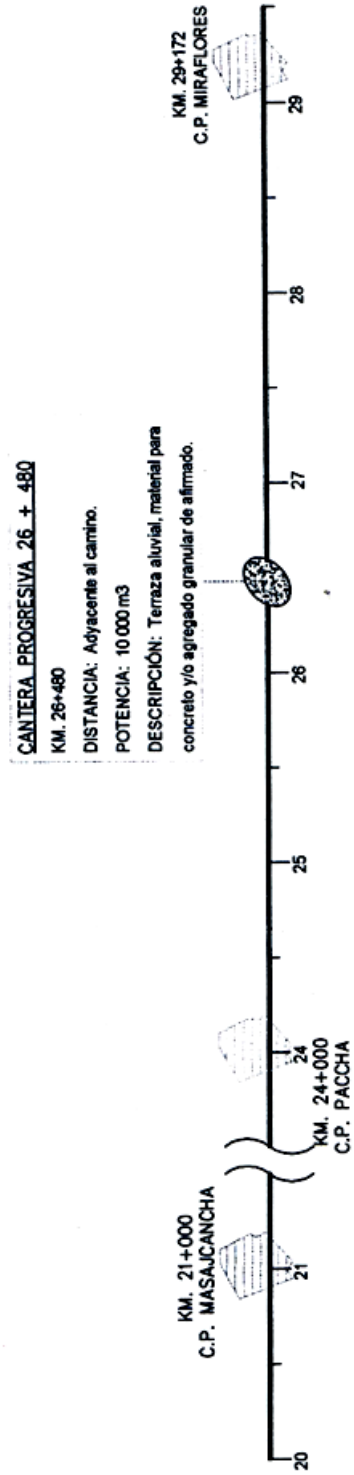
DESCRIPCIÓN: Depósito residual-coluvial de cerro o ladera, material para afirmado.



KM. 08+200  
C.P. ARAMACHAY



MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - PROVIAS RURAL  
PROYECTO: REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL SINCOS - PACCHA - MIRAFLORES - CASABLANCA.  
TRAMO: SINCOS - PACCHA - MIRAFLORES.



#### 5.4 FUENTES DE AGUA

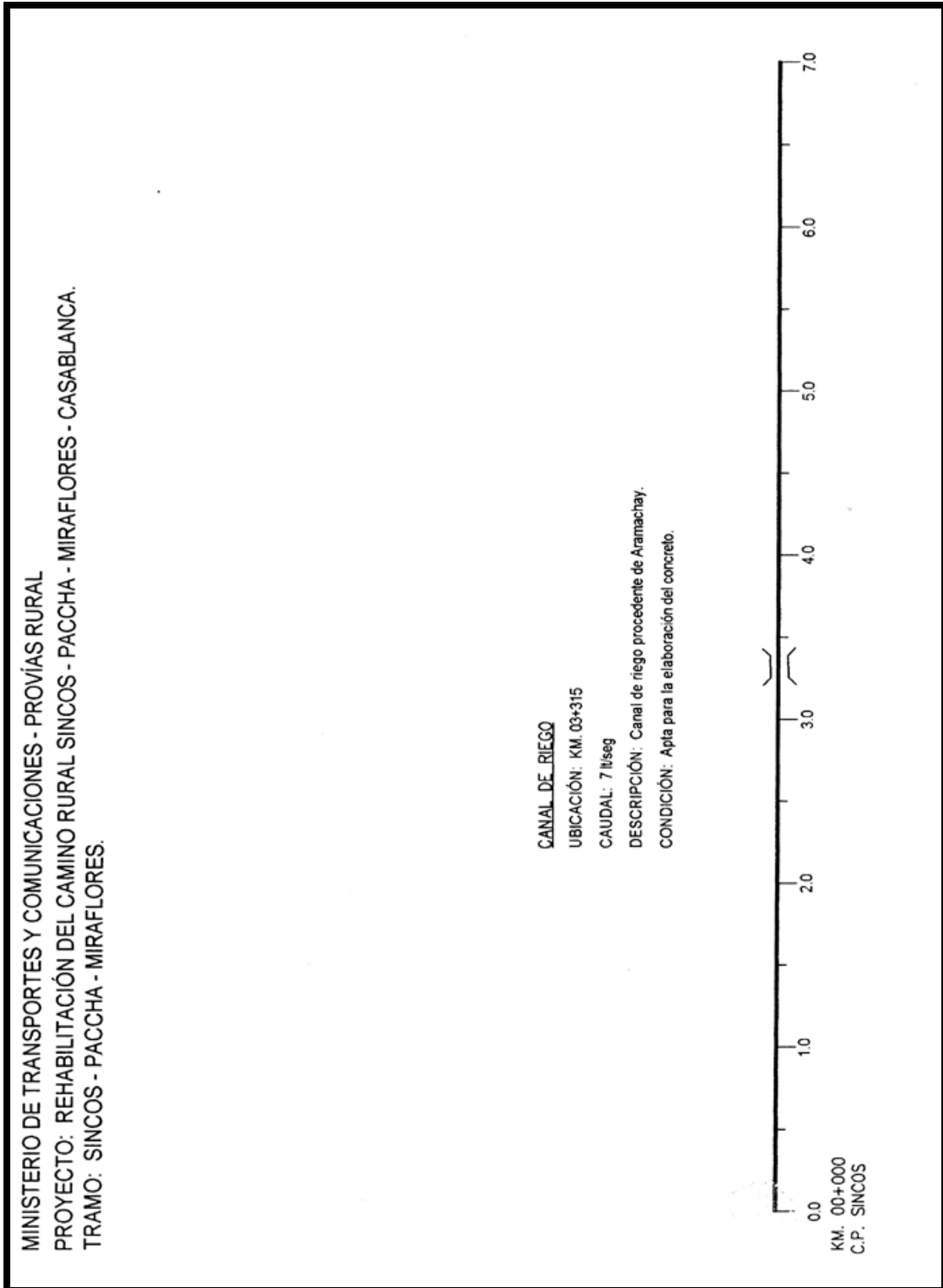
Se localizaron las principales fuentes de agua que corresponde a cuatro quebradas, de caudal permanente, regular en los meses de estiaje y abundante durante el periodo de lluvias. Las muestras representativas de las fuentes principales de agua se recolectaron en envases apropiados para su conservación y fueron remitidos al laboratorio de la Empresa GEOTECN S.R.L.

**Las principales fuentes de agua se muestran en el cuadro siguiente (ver fotografías N° 17, N° 21, N° 23, N° 26, N° 28 y N° 35):**

#### **PRINCIPALES FUENTES DE AGUA**

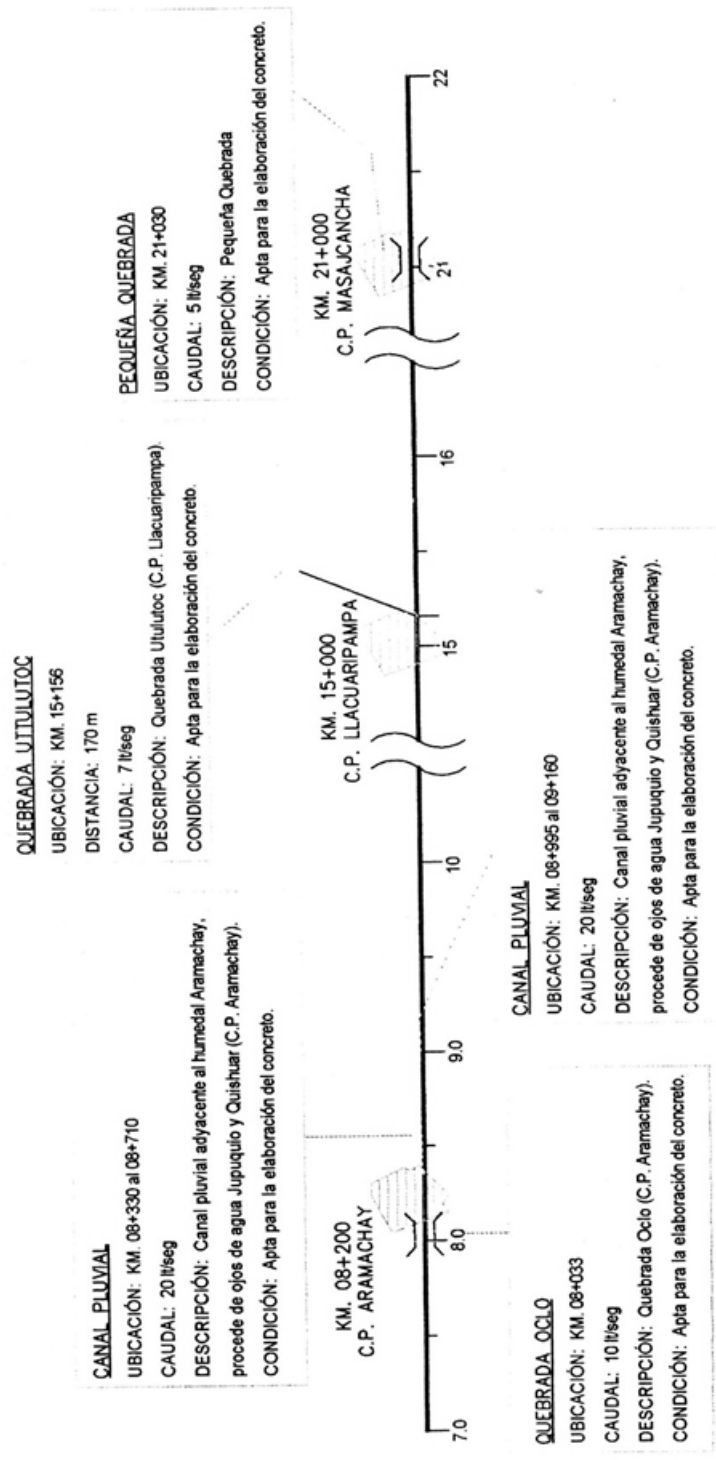
<b>UBICACION</b>	<b>CAUDAL APROX., lt/seg</b>	<b>DISTANCIA DE ACCESO, m</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
03+315	7	Adyacente y cruza el camino en varios lugares	Canal de riego, que procede de Aramachay.
08+033	10	Cruza el camino	Quebrada Oclo (C. P. Aramachay)
08+330 al 8+710, 08+995 al 09+160	20	Adyacente y cruza el camino, margen izquierda.	Canal pluvial, adyacente al humedal Aramachay, procede de ojos de agua Jupuquio y Quishuar (C. P. Aramachay).
15+156	7	170	Quebrada Utulutoc (C. P. Llacuaripampa)
21+030	5	Cruza el camino	Pequeña quebrada.
23+804	12	Cruza el camino	Quebrada Tincopampa (Paccha).
24+837	8	Cruza el camino	Quebrada, afluente de quebrada Tincopampa.
29+172	16	Margen derecha del camino	Quebrada Tincopampa.
00+616	7	Cruza el camino	Canal de riego del sector Miraflores – Casablanca

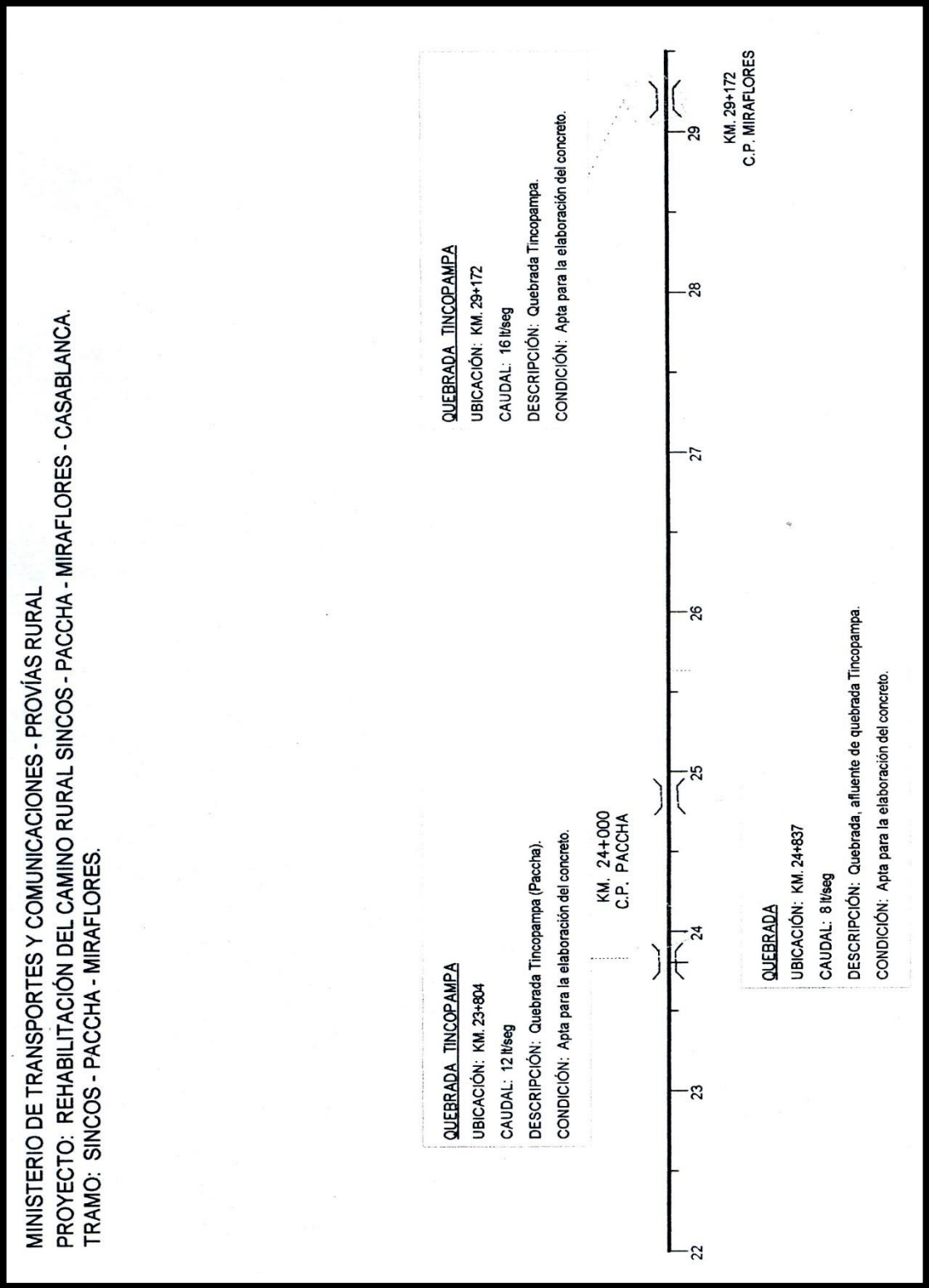
El resultado de los análisis químicos de las muestras de agua analizadas, concluyen que éstas presentan características aceptables para la elaboración del concreto. En el tramo se tomaron muestras de las principales fuentes, porque las características físicas de las fuentes secundarias y temporales son similares a las primeras, y pueden ser usadas en la etapa de construcción, previa realización de análisis químicos y aprobación de la supervisión.





MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - PROVIAS RURAL  
 PROYECTO: REHABILITACIÓN DEL CAMINO RURAL SINCOS - PACCHA - MIRAFLORES - CASABLANCA.  
 TRAMO: SINCOS - PACCHA - MIRAFLORES.





## **CAPITULO VI**

### **BOTADEROS**

#### **6.1 IDENTIFICACIÓN DE BOTADEROS**

Los botaderos son zonas donde se colocarán los materiales excedentes de la obra, es decir, los provenientes de los derrumbes, cortes y limpieza (materia orgánica, troncos, malezas, piedras y desperdicios de las maquinarias) que se acumulasen durante el proceso de Rehabilitación del camino rural. La determinación de la ubicación, capacidad y cantidad de botaderos lo realizan el Ingeniero Civil en coordinación con el especialista Ambiental.

Los lugares más recomendados para la ubicación de los botaderos, son los más cercanos al camino rural, por ejemplo, donde se haya tomado material de préstamo para los terraplenes (canteras abandonadas), y que son suelos estériles, sin ningún tipo de cobertura vegetal y sin uso aparente.

La ubicación de los botaderos se ha realizado respetando los siguientes criterios:

- Evitando zonas inestables o áreas de importancia ambiental o áreas de alta productividad agrícola.
- No se podrá depositar materiales en los cursos de agua o quebradas, ni en las franjas ubicadas a menos de 30 mts., a menos que esta se haya acondicionado y con la aprobación de la Supervisión, de cada orilla del camino rural.
- No se permitirá depositar materiales a media ladera, ni en zonas de fallas geológicas o en sitios donde la capacidad de soporte del suelo no permita su colocación.

Se recomienda que, durante la etapa de ejecución del proyecto, de ninguna manera se permita que los materiales excedentes de la obra sean arrojados sobre terrenos adyacentes o acumulados, así sea de manera temporal, a lo largo y ancho del camino rural; tampoco debe permitirse que los materiales sean arrojados libremente sobre las laderas de los cerros.

## **6.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE RESTAURACIÓN DE BOTADEROS**

La restauración de los botaderos constituye una etapa muy importante de la rehabilitación de los caminos rurales, las acciones que deben efectuarse, de acuerdo a los Esquemas que se adjunta en el Anexo, son las siguientes:

- Antes de colocar los materiales excedentes de la obra en las áreas identificadas como botaderos, se deberá retirar la capa orgánica del suelo, colocándose esta en lugares que permitan su posterior uso para restaurar la zona, es decir los primeros 20 cm de suelo orgánico deben ser retirados a un lugar conveniente.
- Una vez colocados en los botaderos, los materiales excedentes del proceso constructivo del camino rural, deberán ser acomodados y compactados, por lo menos con cuatro pasadas de tractor de orugas, sobre capas de un espesor adecuado y en conformidad a lo establecido en las Especificaciones Técnicas.
- Con el objeto de disminuir la infiltración de agua en los materiales acumulados, las dos últimas capas deben compactarse mediante varias pasadas de tractor de orugas (por lo menos diez pasadas) y según lo indicado en las Especificaciones Técnicas correspondientes.

- Para estabilizar los taludes y restaurar el paisaje de la zona, el botadero debe ser cubierto de suelo orgánico y revegetado. La revegetación de los botaderos deberá realizarse con especies herbáceas de la zona o, en su defecto, con especies que mejoran el suelo y proporcionan sostenibilidad, para evitar la erosión del suelo.
- Las especies que se adaptan muy bien a estas condiciones de suelo y clima son los pastos de la especie Quicuyo, que se extraerán de la misma zona. Para el caso de zonas más altas, donde no se adecua el pasto quicuyo deben emplearse el pasto ichu, mediante la extracción de esquejes o, en su defecto, la siembra con semillas botánicas.
- Para estabilizar los taludes y restaurar el paisaje de la zona, el botadero deberá ser cubierto de suelo orgánico y revegetado. La revegetalización de las áreas deberá realizarse con especies herbáceas de la zona (pasto quicuyo, chilca o cabuya), evitando de esta manera la erosión del suelo.
- La superficie de los botaderos se deberá perfilar con una pendiente adecuada, que permita el drenaje libre de las aguas superficiales, evitando de esa manera la erosión del botadero y la infiltración del agua en el cuerpo del mismo.

Se identificaron los botaderos para la etapa de la ejecución de la obra, y para la etapa de mantenimiento rutinario y/o emergencia, los que están plasmados la Lámina N° 04. La relación de los botaderos se muestra en el cuadro siguiente.

**CUADRO DE BOTADEROS**

N°	UBICACIÓN	DISTAN CIA, m	ETAPA DE USO	CAPACID AD ESTIMAD A, m <sup>3</sup>	VOLUMEN DE USO (m3)	
					OBR A	MANTENIM IENTO
B.1	01+935 al 01+990	Al costado del camino	Obra y mantenimient o	100	78	22
B.2	04+440 al 04+530	Al costado del camino	Obra y mantenimient o	900	775	125
B.3	04+940 al 05+030	Al costado del camino	Obra y mantenimient o	700	580	120
B.4	06+025 al 06+110	Al costado del camino	Obra y mantenimient o	2 500	194 0	560
B.5	06+130 al 06+165	Al costado del camino	Obra y mantenimient o	400	290	110
B.6	06+450 al 06+500	Al costado del camino	Obra y mantenimient o	300	195	105
B.7	22+240 al 22+350 (d)	Al costado del camino	Obra y mantenimient o	10 000	100	9900
B.8	22+240 al 22+350 (i)	Al costado del camino	Obra y mantenimient o	15 000	100	14900
B.9	22+990 al 23+030 (d)	Al costado del camino	Obra y mantenimient o	4 500	101	4399
B.1 0	22+990 al 23+030 (i)	Al costado del camino	Obra y mantenimient o	1 200	120	1080
B.1 1	24+445 al 24+460	Al costado del camino	Obra y mantenimient o	150	38	112
B.1 2	24+630 al 24+635	Al costado del	Obra y mantenimient o	1 000	245	755

		camino				
B.1 3	25+440 al 25+490	Al costado del camino	Obra y mantenimient o	1 200	240	960
B.1 4	26+930 al 27+000	Al costado del camino	Obra y mantenimient o	800	150	650
B.1 5	27+025 al 27+055	Al costado del camino	Obra y mantenimient o	250	100	150
B.1 6	01+340 al 01+400 *	Al costado del camino	Obra y mantenimient o	2 000	197 0	30

\* Desvío ruta Miraflores - Casablanca

## **CAPÍTULO VII**

### **PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

El presente capítulo contiene el Plan de Manejo Ambiental previsto para la Rehabilitación del Camino Rural. Este Plan agrupa las medidas de prevención, control, mitigación, protección, recuperación y compensación propuestas para los diferentes efectos ambientales determinados durante la evaluación ambiental realizada en las diferentes etapas.

Los programas y planes que integran el Plan de Manejo Ambiental en conjunto para el Proyecto Especial de Rehabilitación Terrestre, se ha estructurado de acuerdo con la Guía Ambiental de Rehabilitación y Mantenimiento de Caminos Rurales y acorde con las distintas actividades del proyecto a fin de brindar una rápida comprensión de las medidas propuestas y de facilitar su consulta e implementación en el momento requerido. Asimismo esta estructura permite que todo este capítulo puede ser empleado como una guía de cumplimiento ambiental del Proyecto, puesto que se establece de manera secuencial una lista de verificación de aspectos ambientales que se desarrollan en todas y cada una de las actividades que contemplan dicho proyecto. El Programa y proyectos de manejo, contienen las medidas propuestas para las propuestas socio – ambientales, identificados en la evaluación y se estructura según se indica a continuación.

#### **7.1 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL**

Este programa establece los mecanismos de interacción entre el proyecto y las comunidades localizadas dentro del área de influencia del mismo. Además establece las medidas de prevención, mitigación y compensación necesarias para controlar los efectos sobre los aspectos socioeconómicos.



## **1. Programa de Educación y capacitación**

Este programa comprende todas las actividades de capacitación necesarias para instruir a todo el personal que labore en el proyecto y en el manejo ambiental del mismo.

## **2. Programa para la construcción y adecuación**

Este programa de manejo establece para todas las actividades de construcción del proyecto, las medidas de manejo ambiental requeridas para la prevención y mitigación de efectos ocasionados sobre los recursos ambientales.

Sobre la estructura mencionada, en el presente capítulo trataremos sólo de aquellas acciones ambientales relacionadas con el Estudio de Suelos, ya que el desarrollo de todo el Plan de Manejo Ambiental se encuentra en el Estudio de Medio Ambiente.

### **7.1.1 OBJETIVOS DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

El Plan de Manejo Ambiental para la Rehabilitación y Mantenimiento de Caminos Rurales tiene los siguientes objetivos:

- Cumplir con la política ambiental del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Cumplir con los requerimientos previstos en la normativa ambiental vigente dictada por el gobierno del Perú y las exigencias determinadas por la autoridad ambiental competente.
- Minimizar, controlar, mitigar y prevenir los efectos sociales y ambientales derivados de la interacción del proyecto en sus diversas etapas con el medio social y con el medio físico y biótico.

- Brindar las herramientas necesarias para el manejo adecuado de los elementos constituyentes del medio físico, biótico y social, durante todas y cada una de las diferentes actividades que caracterizan al proyecto.
- Promover la cultura de la seguridad y protección laboral, fomentando un lugar de trabajo libre de accidentes y proporcionando los sistemas apropiados para la prevención de accidentes.

Con respecto a las medidas ambientales que se ejecutarán en el Plan de Manejo Ambiental, se han dividido en dos; las que serán ejecutadas durante la etapa de obra y las que se ejecutarán en la etapa de mantenimiento.

#### **7.1.2 PROGRAMA MANEJO DE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION Y ADECUACION**

##### **AC- 3 REVEGETACION DE BOTADEROS Y ÁREAS AFECTADAS**

**Objetivos:** Mitigar los posibles impactos sobre las áreas aledañas a la carretera rural por los cortes en zonas de pendiente.

Mitigar los procesos erosivos que se puede generar por el movimiento de suelos para la construcción del camino rural.

<b>Evaluación Ambiental</b>	
<b>Efectos a manejar</b>	<b>Elementos afectados</b>
Aporte de sedimentos	Agua
Cambios estructurales del suelo	Suelo

## **Acciones a desarrollar**

El programa de revegetalización pretende:

- Proteger las áreas que quedarán expuestas por la construcción del camino rural y áreas afectadas por la extracción de material de cantera.
- Obtener una recuperación rápida de la cobertura vegetal y un enlace superficial del suelo.
- Disminuir la velocidad de escorrentía del agua superficial.
- Disminuir el impacto visual causado por los taludes y las zonas de depósito o botaderos.

Establecer franjas de vegetación en sitios que no son adecuados para otros usos.

### **1) Revegetación con pastos naturales en botaderos y áreas afectadas**

La revegetalización de los botaderos deberá realizarse con especies herbáceas de la zona o en su defecto con especies que mejoran el suelo y proporcionan sostenibilidad, evitando la erosión del suelo.

Las especies que se adaptan muy bien a estas condiciones de suelo y clima son los pastos de la especie Kikuyo, que se extraerán de la misma zona.

Para el caso del pasto kikuyo deben emplearse esquejes (10 a 20 cm. de longitud), con 2 o 3 nudos como mínimo, procedentes de tallos adultos.

El distanciamiento de las semillas vegetativas es de 0.2 x 0.2 m, la profundidad de siembra de 10 cm como mínimo.

Esta revegetación también debe realizarse en los taludes de relleno al margen de la carretera, especialmente en áreas cercanas a los caseríos con la finalidad de dar a la carretera una vista estética y al mismo tiempo mitigar el proceso erosivo.

Antes de colocar los materiales excedentes de la obra en las áreas identificadas como botaderos, se deberá retirar la capa orgánica del suelo, colocándose esta en lugares que permitan su posterior uso para restaurar la zona, es decir los primeros 20 cm de suelo orgánico deben ser retirados a un lugar conveniente.

- Una vez construida la defensa del botadero y adecuado el material excedente del proceso constructivo a los botaderos, este material deberá ser acomodado y compactado, por lo menos con cuatro pasadas de tractor de orugas, sobre capas de un espesor adecuado.
- Con el objeto de disminuir la infiltración de agua en los materiales acumulados, las dos últimas capas deben compactarse mediante varias pasadas de tractor de orugas dando a la superficie una pendiente del 2% hacia fuera.
- Para estabilizar los taludes y restaurar el paisaje de la zona, el botadero deberá ser cubierto de suelo orgánico y revegetado. La revegetalización de las áreas deberá realizarse con especies herbáceas de la zona (pasto Kikuyo, chilca o Cabuya), evitando de esta manera la erosión del suelo.

- Las especies que se adaptan muy bien a estas condiciones de suelo y clima son los pastos de la especie Kikuyo, que se extraerán de la misma zona. Para el caso de zonas más altas, donde no se adecua el pasto kikuyo deben emplearse el pasto ichu, mediante la extracción de esquejes o, en su defecto, la siembra con semillas botánicas. El distanciamiento de las semillas vegetativas es de 0.2m x 0.2m, la profundidad de siembra es de 10 cm como mínimo.
- La superficie de los botaderos se deberá perfilar con una pendiente adecuada, que permita el drenaje libre de las aguas superficiales, evitando de esa manera la erosión del botadero y la infiltración del agua.

En el anexo se adjuntan los Esquemas de Tratamiento de Botaderos.

#### AC- 4 CRUCES DE CURSOS DE AGUA

**Objetivos:** Prevenir y mitigar la afectación de los cursos de agua por el aporte de sedimentos durante la construcción y rehabilitación de obras de arte, evitando posibles variaciones en la calidad físico químico e hidrobiológica del agua, lo mismo que la desestabilización de las márgenes de los taludes.

Evaluación Ambiental	
Efectos a manejar	Elementos afectados
Alteración de la estabilidad de las márgenes hídricas.	Geoformas Agua
Alteración de las características físico químicas del agua.	
Alteración de la calidad del habitat.	

### **Acciones a desarrollar**

En los cruces de quebradas y fuentes temporales de agua superficial donde se construirán obras de arte como alcantarillas y badenes, se deberá construir barreras sedimentadoras con material aluvial procedente de los cauces localizados aguas arriba del sitio de cruce, que cumplan la función de retener los materiales en suspensión y disminuir la turbiedad del agua. Las barreras serán periódicamente revisadas y mantenidas.

En el caso de requerir materiales de arrastre para obras de concreto como ripios para el mejoramiento de caminos deberá obtenerse de proveedores locales preferiblemente y en caso de que se realice una extracción de material de arrastre o ripio por parte del ejecutor y contratista, este deberá realizar el reacondicionamiento del área afectada de la cantera.

Durante la construcción de obras de arte y de protección, se debe impedir el aporte de materiales extraños a la corriente como desechos de construcción, aceites, entre otros. Se debe realizar un estricto control sobre los materiales de excavación en el sitio de cruce, disponiendo barreras de contención construidas con sacos de suelo, con el fin de evitar la caída de material hacia la corriente.

#### **1) Cribado con rocas en los aleros de las alcantarillas.**

Como protección a las obras de arte programadas se deberá emplear un empedrado de los taludes de relleno, cercanos a los aleros de las alcantarillas y badenes.

Las especificaciones técnicas se detallan a continuación:

- El uso del material inerte (material de relleno y rocas) debe ser de 15 a 30 cm, usando las rocas más grandes para la base.
- Para su instalación se debe comenzar en el punto bajo del talud, excavando el suelo flojo hasta que se alcance una base estable (0.5 m debajo).
- Excavar la cantidad mínima del talud existente para proveer un nicho para el muro.
- Los esquejes vivos deberán ser instalados en los espacios entre las rocas después de la construcción del cribado, orientándose en forma perpendicular sobresaliendo ligeramente los puntos de crecimiento de la cara terminada del muro de roca.
- Esta medida será instalada en las zonas donde se construirán las alcantarillas y badenes.

Esta actividad se llevará a cabo en los cuatro lados de los aleros de las alcantarillas.

## **2) Construcción de empedrado en cárcavas como disipadores de energía**

Se ha observado también que en las márgenes de la carretera existen varios tramos de cunetas que los agricultores utilizan para llevar sus aguas de regadío, a veces originando cárcavas de profundidad variable que ponen en riesgo la estabilidad de la vía, ocasionando serias dificultades al tránsito vehicular.

También se ha observado que en algunas zonas se ha notado la presencia de grandes cárcavas, que son generadas por las aguas superficiales que pasan por zonas con suelos semi-incoherentes.

Sé está recomendando la construcción de un enrocado en las progresivas indicadas y la construcción de diques de contención para reducir la velocidad de escorrentía por las cunetas con pendientes pronunciadas.

### 3) Construcción de cunetas o zanjas de coronación

Se ha observado que a lo largo de la vía existen zonas donde el agua subterránea emerge y se manifiesta humedeciendo la plataforma del camino, formándose huellas (hoyos) con el paso de los vehículos, malogrando la vía. También se ha observado que en un tramo de la carretera los agricultores utilizan las cunetas del camino para llevar sus aguas de riego, y en algunos casos estos mantienen a la vía constantemente húmeda provocando la formación de hueco y el bombeo de la plataforma. El metrado considerado para esta actividad se considera en la parte civil.

### AC- 5 PROGRAMA DE REFORESTACION

**Objetivos:** Iniciar la recuperación vegetal en las áreas donde se ha requerido ampliar el derecho de vía y áreas intervenidas mediante la reforestación con técnicas adecuadas.

Evaluación Ambiental	
efectos a manejar	elementos afectados
Perdida de la cobertura vegetal. Modificación de la estructura del suelo. Arrastre de sedimentos y modificación de las características del agua	Cobertura vegetal Suelo Agua



## **Acciones a desarrollar**

### ***Criterios de reforestación.***

El plan de reforestación se implementará de acuerdo al tipo y área señalado, líneas abajo:

El tipo de cobertura vegetal a recuperar en las áreas aledañas al derecho de vía, debe ser semejante a la que se encontraba antes de ejecutar la obra. La reforestación debe realizarse inmediatamente después de la reconfiguración final y construcción de obras de arte definitivas.

Antes de la reforestación es necesario redistribuir sobre el terreno el material correspondiente al descapote o material de zonas de botaderos.

La siembra y/o plantación debe realizarse, en lo posible, al inicio de la época de lluvias o buscar como mínimo un remanente de humedad en el suelo para garantizar la sobrevivencia de las especies plantadas.

#### **1) Reforestación como mejoramiento del paisaje y protección vial.**

Se ha observado que en toda la zona del ámbito de la carretera, no existen grandes extensiones de bosques, por lo que se ha notado que las fuentes de agua se han secado. Se requiere emplear una política de reforestación, es aconsejable llevarla a cabo en la ladera aledaña a la localidad de Sincos por donde discurre el camino vecinal en forma de desarrollo y que presenta pendientes de hasta 10%, lugar donde se ha producido el deslizamiento de rocas y suelo suelto hacia la vía.

Estas actividades deberán ser coordinadas con los pobladores de la zona a fin de que asuman un compromiso de mantenimiento de las plantaciones, asimismo deberán firmar un Acta de Compromiso que evite el uso de esta zona para actividades extractivas, considerándolas como áreas intangibles.

Las consideraciones a tener en cuenta para la implementación de esta medida son las siguientes:

Se instalarán los plántones realizando previamente una limpieza y conformación del suelo para cada planta de aproximadamente 1.5 m.

La instalación se realizará con plántones embolsados, donde se le adicionará 2 kg de humus como complemento a la nutrición de la planta.

La instalación de los plántones se hará utilizando el sistema de curvas a nivel, con un distanciamiento de 1.5 x 1.5 metros y 3 metros entre filas.

Las especies forestales son el Eucalipto (Eucaliptos glóbulos), Casuarina (casuarina cunninghamiana), que son especies exóticas aclimatadas y que producen maderas de buena calidad.

#### **Especificaciones técnicas para la reforestación**

<b>Observaciones</b>	<b>Especies</b>	<b>Cantidad</b>
La instalación de los plántones se llevara a cabo en las partes altas del cerro frente a la localidad de Sincos.	Eucalipto	2230 pl.
	Casuarina	2230 pl.
<b>Total</b>		<b>4,460 Pl.</b>

*Nota:* En la cantidad total se ha considerado el 10% de mortalidad de plantas.

Los trabajos de esta reforestación serán ejecutados por los encargados del mantenimiento del camino.

## **2) Como soporte de quebradas inestables (cárcavas).**

Esta medida tiene por finalidad brindar seguridad a largo plazo a las quebradas secas y con caudal para evitar la formación de grandes cárcavas, así como reponer la vegetación eliminada a consecuencia de la deforestación realizada en las márgenes del camino vecinal.

Las consideraciones a tener en cuenta para la implementación de esta medida son las siguientes:

- Primeramente se seleccionará las especies forestales o arbustivas de la zona, considerando las de regeneración natural y fácil crecimiento.
- En las quebradas donde se han ubicado cárcavas o donde se encuentran suelos inestables, se instalarán especies arbustivas o forestales de la zona con un distanciamiento entre plantones de 1 m. La reforestación se realizará en un área de 50 m debajo de la cárcava y 20 arriba del cruce de la alcantarilla.
- Los hoyos serán de 30 cm. por cada lado y 40 cm. de profundidad, al abrir los hoyos la tierra que sale de los primeros 20 cm. de profundidad, se colocará a un lado del hoyo y la de los otros 20 cm. al otro lado, luego se harán por cada hoyo zanjas en "V" cada una de 70 cm. de ángulos de 75° a 90°. Para la siembra de los plantones será necesario seleccionar las plantas que se hayan dañado en el transporte, separándolas.

- Al momento de plantar, poner al fondo los primeros 20 cm. y mezclarlo con el humus (1 kg. por cada especie forestal), así las raíces de las plantas estarán en contacto con el suelo más fértil. Se deberá tener cuidado que la planta quede cubierta de tierra de 1 a 2 cm. por encima del cuello de la raíz. Apisonar la tierra alrededor de la planta hacia adentro, dejando un espacio de 1 a 2 cm. entre el borde del hoyo y la tierra apisonada, creando de esta manera las condiciones para retener el agua. Alrededor del cuello de la planta se colocarán rastrojos para disminuir la evaporación de agua del suelo.
- Para proteger los plantones se colocará ramas en forma de cercos por cada quebrada para evitar daños de animales domésticos.
- El área aproximada a ser reforestada es de 1,060 m<sup>2</sup>

#### **Especificaciones técnicas para protección de cárcavas**

<b>Observaciones</b>	<b>Especies</b>	<b>Cantidad</b>
Se instalará plantones en las cárcavas de la progresiva 2+770, 2+930 y 10+300, encima y debajo de la carretera.	Eucalipto	157 pl.
	Huarango	157 pl.
	Aliso	157 pl.
<b>Total</b>		<b>471 Pl.</b>

También esta reforestación, al igual que la anterior, debe ser ejecutada durante la etapa de mantenimiento.

#### **AC-02 FRENTES DE TRABAJO Y AREAS DE CORTES**

**Objetivos:** Prevenir y mitigar los impactos que se puedan ocasionar sobre el medio ambiente por efecto de las actividades realizadas en los frentes de trabajo y áreas de acopio de material.

<b>Evaluación Ambiental</b>	
<b>Efectos a manejar</b>	<b>Elementos afectados</b>
Manejo inadecuado de recursos	Suelo, agua

### **Acciones a desarrollar**

Construcción de estructuras de contención para los sitios de corte y deslizamientos. Se requiere en los sitios donde es necesario adaptar al paso de los equipos, mediante un terraplén de carácter temporal, también para estabilizar los taludes de corte y relleno.

#### **1) Desquinche y perfilado.**

Debido a que en algunos tramos del camino rural se observan taludes casi negativos, lo cual genera riesgos de deslizamientos y de accidentes, se ha previsto realizar la estabilización de taludes mediante el desquinche, que se ejecutarán con mano de obra manual y por medio de barretas, poceadoras y palas, también en las zonas de corte teniendo en cuenta lo siguiente:

El desquinche debe realizarse después de haber realizado el paso del tractor oruga para que los residuos caídos en el lecho de la zanja de drenaje o cuneta, sean eliminados.

El volumen de tierra y piedras que se encuentran desprendidos o con riesgo de caer en los taludes son los indicados en los planos. Estos trabajos de desquinche se realizarán en las progresivas señaladas en los planos y en algunos otros tramos donde es necesario estabilizar los taludes.

### **AC-03. DISPOSICION DEL MATERIAL DE EXCAVACION**

**Objetivos:** Establecer las medidas para minimizar o mitigar los impactos ambientales durante la adecuación, conformación y recuperación de las áreas para la disposición del material de **excavación en los sectores de cortes.**

Evaluación Ambiental	
efectos a manejar	elementos afectados
Susceptibilidad a la erosión	Suelo
Alteración de la calidad del habitat	Ecosistema

#### **Acciones a desarrollar**

##### *Antes de la disposición del material*

La preparación de la áreas de disposición de los materiales de corte, incluye el descapote y el manejo de la capa orgánica para su posterior uso en la recuperación vegetal del área.

En esta actividad se incluye las actividades de traslado del suelo orgánico y su inserción en las áreas afectadas.

Se prevé la instalación de pastos naturales en estas zonas para evitar la erosión. En la etapa de extracción del material se deberá tomar en cuenta la normatividad ambiental para el caso de canteras y las siguientes acciones de mitigación:

### **Nivelación y reacondicionamiento de áreas de Canteras.**

El proceso de restauración de las canteras explotadas se iniciará una vez culminada la construcción de la obra. Se deberá eliminar las rampas de carga, utilizando el material descartado en la selección de los agregados, usándolo para tapar los huecos que se han formado como producto de la extracción.

Por lo tanto, el área total que será afectada en las canteras de ríos y también en las de cerro, deberá ser restaurada y nivelada. Para mayor detalle en el anexo se adjunta el Esquema de Restauración de las canteras.

### **Construcción y adecuación de sitios de depósito o botaderos.**

La restauración de los botaderos es una etapa muy importante durante la rehabilitación de los caminos rurales, las acciones que deben efectuarse son las siguientes:

- Antes de colocar los materiales excedentes de la obra en las áreas identificadas como botaderos, se deberá retirar la capa orgánica del suelo, colocándose esta en lugares que permitan su posterior uso para restaurar la zona, es decir los primeros 20 cm de suelo orgánico deben ser retirados a un lugar conveniente.
- Una vez colocados en los botaderos, los materiales excedentes del proceso constructivo del camino rural, deberán ser acomodados y compactados, por lo menos con cuatro pasadas de tractor de orugas, sobre capas de un espesor adecuado.
- Con el objeto de disminuir la infiltración de agua en los materiales acumulados, las dos últimas capas deben compactarse mediante varias pasadas de tractor de orugas (por lo menos diez).

- Para estabilizar los taludes y restaurar el paisaje de la zona, el botadero debe ser cubierto de suelo orgánico y revegetado. La revegetalización deberá realizarse con especies herbáceas de la zona o en su defecto con especies que mejoran el suelo y proporcionan sostenibilidad, evitando la erosión del suelo.
- Las especies que se adaptan muy bien a estas condiciones de suelo y clima son los pastos de la especie Kikuyo, la cual se extraerán de la misma zona. Para el caso del pasto kikuyo deben emplearse esquejes (10 a 20 cm. de longitud), con dos ó tres nudos como mínimo, procedentes de tallos adultos. El distanciamiento de las semillas vegetativas es de 0.2m x 0.2m, la profundidad de siembra es de 10 cm como mínimo.
- La superficie de los botaderos se deberá perfilar con una pendiente adecuada, que permita el drenaje libre de las aguas superficiales, evitando de esa manera la erosión del botadero y la infiltración del agua.
- Otros aspectos relacionados a los botaderos se muestran en los esquemas.

#### **AC-04 RECONFORMACION DE LA ZONA DE OBRAS**

**Objetivos:** Establecer los lineamientos de manejo ambiental para iniciar la recuperación de las áreas intervenidas; así como evitar o mitigar fenómenos de erosión y desestabilización de laderas. Controlar el aporte de sedimentos a las corrientes de agua y evitar la destrucción del drenaje.



### **Acciones a desarrollar**

Una vez rehabilitada la carretera, se deberá ejecutar el recubrimiento de los botaderos con material orgánico almacenado, ejecutando las medidas conducentes a la recuperación de las áreas de trabajo con el fin de dejarlas en condiciones similares a las existentes antes de iniciar las labores constructivas.

En los sectores donde se deberán realizar cortes importantes se adoptará el talud resultante del estudio de estabilidad de los taludes, que asegurará las condiciones de equilibrio del suelo que lo conforma.

A medida que se reconstituye el terreno, se construirán las obras de protección geotécnica finales, con el fin de controlar los problemas de erosión e inestabilidad del terreno a lo largo del derecho de vía y del área inmediata.

En zonas donde las laderas de la vía presentan alto grado de erosión y fenómenos de remoción en masa, no se permite la escorrentía superficial en dichas pendientes. En estos casos se ejecutarán cunetas de coronación que capten el agua antes de que esta llegue al talud, además se incrementará la dimensión de las cunetas longitudinales con el fin de darles la capacidad suficiente para recoger el volumen generado por tramos de longitud considerable.

Las dimensiones típicas de las cunetas estarán en función de la pendiente longitudinal del camino. En zonas con pendientes longitudinales mayores del 10%, se requerirá la construcción de disipadores de energía en el fondo de las cunetas cuya separación se puede determinar en función de la pendiente y de la altura efectiva de la estructura de disipación.

El material orgánico, depositado con anterioridad en zonas adyacentes a los botaderos, se distribuye sobre el terreno reconformado, abarcando la mayor área posible.

Se recuperará la cobertura vegetal con especies nativas que se adapten a las condiciones climáticas y de suelo de la zona, siguiendo las recomendaciones dictadas en la revegetación.

### **Limpieza General del área afectada**

La limpieza general se realizará cuidadosamente en forma continua hasta cubrir la totalidad del derecho de vía, para lo cual se recogerá desechos como plásticos, metales y desperdicios, disponiéndose de acuerdo con el rubro de manejo de residuos sólidos.

En esta actividad se realizará el transporte de los residuos sólidos y la recuperación morfológica del área afectada.

Como actividad final se procederá a reconstruir las cercas, rehabilitar los pasos peatonales y de ganado, restaurar los cauces y drenajes, recuperar los caminos veredales, etc.

## CONCLUSIONES

- El presente estudio tiene la finalidad de evaluar las características físicas y geotécnicas del área que comprende la rehabilitación del camino rural Sincos – Paccha – Miraflores, ubicada en los distritos de Sincos y Paccha, provincia de Jauja, departamento de Junín.
- La zona presenta un relieve resultado de la acción geodinámica de la cordillera occidental. En base a criterios morfológicos, litológicos y estructurales se afirma que la zona de estudio se encuentra ubicada en la *Unidad Geomorfológica Altas Cumbres*. La erosión del área es moderada debido a la naturaleza y composición litológica, siendo generalmente efectuada por las aguas pluvio-aluviales, que generan geoformas características como: altas mesetas valles estrechos, quebradas profundas, etc. Las observaciones de campo, revelan la existencia de una superposición de ciclos sedimentarios ligados a una intensa actividad paleotectónica que van del Precámbrico al Cuaternario.
- Para la aplicación de la norma del RNC, debe considerarse que el área de influencia de la carretera a rehabilitar se encuentra en la Zona II de sismicidad media. En base al mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú se concluye que de acuerdo al área sísmica donde se ubica la zona de estudio, existe la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades del orden de VI en la escala de Mercalli Modificada.
- A partir de los trabajos de campo y resultados de ensayos de laboratorio se puede inferir el perfil estratigráfico mostrado en los ANEXOS: Registro de Excavaciones del C-01 al C-31, lo cual ha permitido definir los siguientes tramos genéricos que presentan similares características geotécnicas:

## **ZONA GEOTECNICA I**

Comprende los siguientes tramos: progresiva Km. 00+000 al Km. 07+000, progresiva Km. 23+500 al Km. 29+172.

En el tramo inicial predominan suelos de origen residual, en el segundo tramo predominan suelos de origen transportados, los que se intercalan con depósitos de suelos coluviales muy antiguos de corta longitud.

La plataforma presenta una capa de material granular grueso constituida por gravas y arenas limosas y limo-arcillosas, de color marrón con tendencia a variar de tono de grisáceo a pardo.

La forma predominantemente de las gravas y arenas en el primer tramo es angulosa y áspera, en el segundo tramo son sub-redondeadas y resistentes, la fracción fina (*que pasa la malla N°40*), que determina el comportamiento físico-mecánico del suelo, en promedio es menor de 45% de su contenido granulométrico y predominantemente medianamente plásticos.

Secos son suelos estables, cuando su contenido natural de agua es alto, tienen una estabilidad para soportar cargas relativamente bajas. A un intervalo de humedad adecuado se compactan satisfactoriamente.

## **ZONA GEOTECNICA II**

Comprende los siguientes: tramos: progresiva Km. 07+000 al Km. 10+500, y progresiva Km. 14+000 al Km. 15+500.

En el tramo predominan los suelos de origen residual, los que se intercalan con depósitos de suelos coluviales muy antiguos de corta longitud. La plataforma presenta una capa de material compuesta predominantemente por agregado fino limoso y limo arcilloso, de color marrón claro con tendencia a variar de tono de rojizo a marrón oscuro.

La fracción fina (*que pasa la malla N°40*), que determina el comportamiento físico-mecánico del suelo, en promedio es mayor de 75% de su contenido granulométrico y predominantemente es medianamente plástica. Secos son suelos estables, cuando su contenido natural de agua es alto, su estabilidad para soportar cargas es baja. A un intervalo de humedad adecuado se compactan satisfactoriamente.

### **ZONA GEOTECNICA III**

Comprende los siguientes tramos: progresiva Km. 10+500 al Km. 14+000, progresiva Km. 15+500 al Km. 23+500 y progresiva Km. 00+000 al Km. 02+150 del desvío hacia el C. P. de Casablanca.

En el tramo predominan los suelos de origen residual y transportado, los que se intercalan con depósitos de suelos coluviales muy antiguos de corta longitud. La plataforma presenta una capa de material compuesta predominantemente por agregado fino limoso o limo arcilloso, de color café y marrón con tonos rojizos. La fracción fina (*que pasa la malla N°40*), que determina el comportamiento físico-mecánico del suelo, en promedio es menor de 75% de su contenido granulométrico, la fracción es predominantemente de mediana plasticidad.

Secos son suelos estables, cuando su contenido natural de agua es alto, tienen una estabilidad para soportar cargas muy bajas. A un intervalo de humedad adecuado se compactan satisfactoriamente.

Estos depósitos también se encuentran en las escarpas de los cerros y depresiones, en forma irregular y su espesor es variable.

- No se han detectado sectores con suelos saturados y en caso de encontrarlos durante la ejecución de explanaciones, estos deberán ser eliminados hasta una profundidad mínima de 0.50 m y reemplazado por material granular con CBR mayor o igual al CBR de diseño.

- En las calicatas (pozos a cielo abierto) C-09 y C-15, ubicados en las progresivas Km. 08+570 y Km.14+790, se ha detectado la napa freática a la profundidad de 0.80 mts., lo que deberá tomarse en cuenta durante la ejecución del proyecto.
- Se ha calculado el espesor de afirmado para un periodo de diseño igual a 5 años empleando la metodología de la USACE, que considera los parámetros de ejes equivalentes acumulados y el CBR de la subrasante. Debido a las propiedades geotécnicas de los suelos que conforman la sub-rasante del proyecto Km. 0+000 al Km. 29+172, Sincos – Paccha –Miraflores, y del desvío Miraflores – Casablanca Km. 0+000 al Km. 02+150, el espesor que resulta de la utilización del Gráfico N° 1, en algunos sectores resulta muy pequeño, sin embargo en el diseño también se considera el comportamiento durante el periodo de servicio, además la capa de afirmado debe ser protegida de deformaciones permanentes, pérdida de serviciabilidad por condiciones climáticas extraordinarias, por lo que el valor mínimo recomendado, se adopta un espesor de 15 cm., de material granular para todos los tramos. Además se recomienda para los tramos de bajo C.B.R., mejorar la subrasante, con material excedente del proceso de zarandeo del material de cantera.
- Las principales fuentes de agua son: quebrada Oclo (Km. 08+033), Canal pluvial Aramachay (Km. 08+330 al Km. 09+160), las quebrada Utulutoc (Km. 15+156) y quebrada Tincopampa (Km. 23+804, 24+837 y Km. 29+172).

El resultado de los análisis químicos de las muestras de agua de estas fuentes, manifiestan que presentan características aceptables para la elaboración del concreto. Existen fuentes de agua que no se han muestreado por no ser permanentes o tener el mismo origen que las principales, y que podrán utilizarse previa ejecución de análisis físico-químico de una muestra representativa y aprobación de la supervisión.

## RECOMENDACIONES

- Durante la conformación de la subrasante, toda materia orgánica debe ser eliminada previamente para evitar la contaminación del material de préstamo.
- Las capas de relleno deberán colocarse en espesores no mayores de 30 cm hasta alcanzar la cota de sub-rasante indicada en los planos; luego deberá compactarse al 95% de la Máxima Densidad Seca del Próctor Modificado.
- La cantera Llacuaripueblo debe ser usada para conformar el afirmado (capa de rodadura) y rellenos respectivamente. Las canteras Pisupuquio y progresiva Km. 26+480 proveerán los agregados gruesos y fino para mezclas de concreto y morteros.
- El afirmado o capa de rodadura no tiene recubrimiento bituminoso o similar por lo tanto sería necesario que el material de préstamo cumpla con las siguientes especificaciones mínimas para lograr una estabilización mecánica apropiada:

Límite líquido, %	máx. 35
Índice de plasticidad, %	4 - 10
Equivalente de arena, %	mín. 30
Abrasión, %	máx. 50
CBR (0.1"y 100% de M.D.S), %	mín. 80

Granulometría (AASHTO M 147), en la cual no se admiten tolerancias , de acuerdo a la tabla siguiente:

Tamiz	% en peso acumulado que pasa	
	Gradación E	Gradación F
2"		
1"	100	100
3/8"	-	-
Nº4	55-100	70-100
Nº10	40-100	55-100
Nº40	20-50	30-70
Nº200	6-20	8-25

El procesamiento de este material deberá hacerse estrictamente en la cantera a fin de tener un buen control de calidad.

*Conclusión:* La cantera Llacuaripueblo cumple con los requisitos establecidos, o tiene valores muy cercanos, por lo que es apta para conformar el pavimento del camino rural.

- Para la colocación de la capa afirmado se deberá tener en cuenta los procedimientos descritos a continuación:
  - Perfilar superficialmente de acuerdo al diseño geométrico previsto en los planos.
  - Limpieza de restos vegetales y eliminación de suelos contaminados.
  - Escarificar superficialmente y eliminar partículas mayores de 4", luego compactar la capa de sub-rasante hasta obtener un grado de compactación igual al 95% de la Máxima Densidad Seca del Próctor Modificado.
  - Colocación de capa de afirmado de 15 cm. El grado de compactación que se debe alcanzar corresponde al 100% de la Máxima Densidad Seca del Próctor Modificado.
  
- El control de calidad de los materiales a emplear en la construcción del afirmado debe realizarse apropiadamente a fin de cumplir las especificaciones mínimas antes citadas. También el control de calidad de la obra, incidiendo principalmente en los controles de compactación de cada capa.



- Para mantener las condiciones de transitabilidad obtenida después de la rehabilitación se recomienda el mantenimiento de la vía, que deberá incluir como mínimo la limpieza de las obras de drenaje (cunetas y alcantarillas) y el bacheo de la capa de rodadura. La conservación apropiada y oportuna de la vía permitirá alcanzar el periodo de diseño considerado.
- Se debe diseñar un adecuado sistema y programa de aprovechamiento del material de préstamo de manera de producir el menor daño al ambiente para lo cual se debe seguir las estipulaciones que al respecto se refiere en el *Manual Ambiental para el Diseño y Construcción de Vías del MTC*.
- Los trabajos de recuperación de las condiciones originales dentro de las áreas que han sido afectadas por la explotación de canteras deben realizarse mediante levantamientos topográficos antes y después de la explotación, y otro levantamiento topográfico después de haberse efectuado los trabajos de readecuación para verificar y contrastar las condiciones iniciales y finales de las canteras.
- Las canteras que no vayan a ser posteriormente utilizadas para la conservación y mantenimiento de la carretera deben ser sometidas a un proceso de reacondicionamiento, tratando en lo posible de adecuar el área intervenida a la morfología del área circundante. Dependiendo del sistema de explotación adoptado, las acciones que deben efectuarse son las siguientes:
  - Nivelar los lechos de quebradas o ríos afectados
  - Eliminar las rampas de carga
  - Peinar y alisar o redondear taludes para suavizar la topografía y evitar problemas de geodinámica externa

- Eliminar el material descartado en la selección (utilizarlo para rellenos)
  - Revegetar el área intervenida, utilizar el suelo orgánico retirado al inicio de la explotación y que debe haber sido guardado convenientemente.
  - Evitar dejar zonas en las que se pueda acumular agua y de ser necesario establecer un drenaje natural.
- 
- Las canteras que van a ser utilizadas posteriormente, el trabajo a efectuar es menor, y se realiza sobre todo para evitar problemas de geodinámica externa (laderas), trabajo que muchas veces se hace paralelo a la extracción del material. En el caso de haber usado el lecho de un río o quebrada, dependiendo del volumen extraído, puede bastar una rápida nivelación del cauce y luego adoptar una explotación superficial del lecho en un área más extensa.
  - Las áreas ocupadas por los caminos de acceso a las canteras también deben ser recuperadas, debiendo nivelarse y revegetarse el área afectada. Los caminos de acceso y desvíos deberán quedar clausurados, excepto los que sirvan a canteras que serán usadas posteriormente, las que serán claramente delimitadas y señalizadas.
  - Los botaderos se ubicarán en zonas adyacentes al camino rural donde se ha tomado material de préstamo para los terraplenes (canteras abandonadas), y que son suelos estériles, sin ningún tipo de cobertura vegetal y sin uso aparente. Una vez colocado en los botaderos, los materiales excedentes del proceso constructivo del camino rural, deberán ser acomodados y compactados adecuadamente. La superficie de los botaderos se deberá perfilar con una pendiente adecuada.

- De ninguna manera se permitirá que los materiales excedentes de la obra sean arrojados sobre terrenos adyacentes o acumulados, así sea de manera temporal, a lo largo y ancho del camino rural; tampoco debe permitirse que estos materiales sean arrojados libremente sobre las laderas de los cerros.
  
- En general para el tratamiento, tanto preventivo como correctivo de los problemas de estabilidad, se debe seguir la siguiente secuencia:
  - Medidas hidráulicas o de manejo del drenaje
  - Medidas físicas
  - Medidas biológicas

Las medidas hidráulicas incluyen obras temporales y permanentes para el control de los niveles de agua y drenaje de los suelos saturados.

Entre las medidas físicas se encuentran la conformación de banquetas y construcción de obras de contención.

Las medidas biológicas incluyen la revegetalización lo cual requiere una preparación previa del terreno incluyendo peinado, nivelación de los taludes y colocación de suelo orgánico en algunos casos.

Las recomendaciones específicas para el tratamiento de cada sector crítico se presentan a continuación:

UBICACIÓN, progresiva Km.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TIPO DE TRABAJO
00+420	Erosión de talud por escorrentía de aguas superficiales	Proyectar sistema de drenaje adecuado
00+485 al 00+515	Mejorar curva de volteo.	Colocar muro de sostenimiento
00+628	Erosión de talud por escorrentía de aguas superficiales	Proyectar sistema de drenaje adecuado
00+679 al 00+711	Mejorar curva de volteo.	Colocar muro de sostenimiento
00+740 al 00+760	Talud casi negativo	Cortar y perfilar
01+140	Talud en roca casi negativo	desquinchar y perfilar
01+770	Erosión de talud por escorrentía de aguas superficiales	Proyectar sistema de drenaje adecuado
02+775	Erosión de cuneta en forma de cárcava por escorrentía de aguas superficiales.	Proyectar sistema de drenaje adecuado
02+790	Erosión de ladera en forma de mini cárcavas por escorrentía de aguas superficiales.	Proyectar sistema de drenaje adecuado
02+930	Talud casi negativo	Cortar y perfilar
05+420 al 05+470	Falla de ladera (aguas subterráneas)	Proyectar sistema de drenaje adecuado
24+600	Falla de ladera	Proyectar sistema de drenaje adecuado
01+060 *	Talud casi negativo	Cortar y perfilar

(\*) Ruta 2: Miraflores - Casablanca

- El sistema de drenaje longitudinal y transversal deberá ser cuidadosamente diseñado y construido, ya que forma parte integral de la estructura del pavimento y de su preservación. Los resultados obtenidos en el presente estudio son válidos única y exclusivamente para la Rehabilitación del Camino Rural: Sincos – Paccha – Miraflores y Miraflores – Casablanca, ubicado en los distritos de Sincos, provincia de Jauja, departamento de Junín.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Alberto J. Martínez Vargas, Geotecnia para Ingenieros, Volumen I - Principios Básicos, Lima 1990, Lluvia Editores.
2. Alberto J. Martínez Vargas, Geotecnia para Ingenieros, Volumen II - Mecánica de Suelos, Lima 1991, Editorial.
3. Carlos Crespo Villalaz, Mecánica de Suelos y Cimentaciones, México 1998, Editorial Limusa.
4. Reglamento Nacional de Construcciones. Actualizado, concordado, normas complementarias. Décimo Tercera Edición. Lima 1997, Cámara Peruana de la Construcción.
5. Gran Geografía del Perú. Naturaleza y Hombre. Volumen I. Geología del Perú, por el Dr. Mariano Ibérico. Manfer - Juan Mejía Baca. Tercera Edición, 1988.
6. Atlas del Perú. Copyright by 1989 Instituto Geográfico Nacional.
7. Geología del Cuadrángulo de Jauja. Por Paredes J., INGEMMET, Lima - Perú, Noviembre 1994. BOLETIN N° 48. Serie A : Carta Geológica Nacional.

8. Reglamento Nacional de Construcciones. Norma Técnica de Edificación E.50. SUELOS Y CIMENTACIONES. SENCICO. M.T.C. Edición Enero 1997.
  
9. Jaime Suárez Díaz. DESLIZAMIENTOS y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, Bucaramanga 1998. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y deslizamientos.
  
10. Alfonso Rico y Hermilio del Castillo. La Ingeniería de Suelos en las Vías terrestres – Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas, Volumen 1 y Volumen 2 , México 1998, Editorial Limusa.
  
11. Juan Antonio Torres Vila. Diseño de Pavimentos para Carreteras y Aeropuertos, Tomo II. Ministerio de Educación Superior – La Habana, 1985.
  
12. Informe de pobladores de la zona respecto a las ocurrencias geológicas en el área de Estudio durante los últimos 20 años (1969 - 1999).