

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**INFLUENCIA DE LOS ESTUDIOS DEL SUELO DE
LA SUBRASANTE PARA EL DISEÑO DE
PAVIMENTOS**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

LUIS CARLOS ASENJO GUEVARA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

LIMA- PERU

2021

DEDICATORIA

A Dios Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre q siempre está conmigo, a mi padre q desde el cielo me cuida y me guía siempre por el camino correcto.

A mi esposa, por haber estado conmigo en todo momento, por la motivación constante que me brinda y ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por los ejemplos de perseverancia que la caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mis hijos por darme su tiempo para realizarme profesionalmente.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia.

Gracias a mi familia por permitir cumplir con excelencia en el desarrollo de este informe técnico.

A la Universidad Peruana Los Andes por darme la oportunidad de poder ser un buen profesional.

A los docentes por brindarnos sus conocimientos durante este tiempo y su apoyo para poder realizar el presente informe.

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE

ING. JULIO FREDY PORRAS MAYTA
JURADO

ING. EDMUNDO MUÑOICO CASAS
JURADO

ING. ALCIDES LUIS FABIÁN BRAÑES
JURADO

MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE

CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
HOJA DE COMFORMIDAD DE LOS JURADOS	III
CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
INTRODUCCIÓN	X
CAPITULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción del problema	1.
1.2. Formulación de los problemas	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivo específico	3
1.4. Justificación	4
1.4.1. Justificación practica	4
1.4.2. Justificación metodológica	4
1.5. Delimitación	5
1.5.1. Delimitación espacial	5
1.5.2. Delimitación temporal	6
1.5.3. Delimitación económica	6
CAPITULO II	7
MARCO TEORICO	7
2.1. Antecedentes	7
2.1.1 Antecedentes nacionales	7
2.1.2 Antecedentes internacionales	9
2.2. Marco conceptual	9
2.2.1. Carretera	9
2.2.2. Clasificación de las carreteras	11
2.2.3 .Pavimento	20
2.2.4. Clasificación de los pavimentos	23
2.2.5. Pavimentos flexibles	24
2.2.6. Pavimentos rígidos	27
2.2.7. Comportamiento de los pavimentos	30
2.2.8. Requerimientos de la construcción	44
2.2.9. Clasificación de suelos por el método SUCS	62
2.2.10. Métodos ASSHTO	63

CAPITULO III	67
METODOLOGIA	67
3.1. Método de estudio	67
3.2. Tipo de estudio.	67
3.3 Nivel de estudio	67
3.4. Diseño del estudio.	67
3.5. Población y Muestra	67
3.6. Técnica e instrumentos de recolección	67
3.7 Análisis de datos	68
CAPITULO IV	68
DESARROLLO DEL INFORME	68
4.1. Resultados	68
4.1.1. Ubicación y descripción del área de trabajo	68
4.1.2. Objetivo	68
4.1.3. Alcance y desarrollo del estudio	70
4.1.4. Descripción del estado superficial de la carretera	70
4.1.5. Trabajos de campo	74
4.2. Registros de excavación	74
4.3. Ensayos de laboratorio	75
4.4. Descripción del perfil estratigráfico	75
4.5. Napa freática	81
4.5.1. Sectores Homogéneos	82
4.6. Ubicación de estratos rocosos en calicatas	88
4.6.1. Análisis del suelo de la sub-rasante	91
4.6.2. Consistencia del suelo	94
4.6.3. Expansividad del suelo	96
4.6.4. Compresibilidad del suelo	99
4.6.5. Sectores definidos para el mejoramiento	101
4.7. Discusión de los resultados	104
CONCLUSIONES	109
RECOMENDACIONES	111
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	112
ANEXOS	113

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.5 1 Ubicación del departamento o región de Cajamarca.	5
FIGURA 1.5 2 Provincia de Cutervo – Cajamarca	6
FIGURA 2.2 1 Categoría de carretera	10
FIGURA 2.2 2 Tipos de carreteras	10
FIGURA 2.2 3 Sección transversal	25
FIGURA 2.2 4 Partes pavimento rígido	27
FIGURA 2.2 5 Utilización del compactador	57
FIGURA 2.2 6 Utilización de un rodillo para compactación del terreno	57
FIGURA 4.1 1 Inicio del tramo Cochabamba	71
FIGURA 4.1 2 km 9+000– km 19+000	72
FIGURA 4.1 3 km 19+000 – km 47+000	72
FIGURA 4.1 4 km 45 + 300	73
FIGURA 4.1 5 km 70 + 250	73
FIGURA 4.6 1 Ubicación de estrato rocoso en calicatas	89
FIGURA 4.6 2 Extracción de los estratos rocosos en calicatas	89
FIGURA 4.6 3 Consistencia del suelo	94
FIGURA 4.6 4 Expansividad del suelo	96
FIGURA 4.6 5 Compresibilidad del suelo	99

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.2 1 Categorías de las carreteras	16
TABLA 2.2 2 Tipos de material y velocidad admisible	19
TABLA 2.2 3 Clasificación general	66
TABLA 4.3 1 Ensayos de laboratorio	75
TABLA 4.5.1 Cálculo del CBR de diseño por sectores homogéneos	83
TABLA 4.5 2 Sectores homogéneos	84
TABLA 4.6 1 Ubicación del manto rocoso	90
TABLA 4.6 2 Espesores de mejoramiento	92
TABLA 4.6 3 Mejoramiento de la subrasante cbr	93
TABLA 4.6 4 Consistencia del suelo	95
TABLA 4.6 5 Potencial de expansión	97
TABLA.4.6.6. Mejoramiento de suelos potencialmente expansivos	98
TABLA 4.6 7 Valores índices de compresión	100
TABLA 4.6 8 Mejoramiento de suelos con alta compresibilidad	101
TABLA 4.6 9 Sectores definidos para el mejoramiento	102
TABLA 4.6 10 Secciones donde no se aplica el mejoramiento	103
TABLA 4.7 1 Ubicación del manto rocoso en calicatas	105
TABLA 4.7 2 Mejoramiento de suelos con alta compresibilidad	106
TABLA 4.7 3 Sectores definidos para el mejoramiento	107
TABLA 4.7 4 Secciones donde no se aplica el mejoramiento	108

RESUMEN

El presente estudio tuvo como problema general: ¿Cómo influye los estudios del suelo de la subrasante para el diseño del pavimento de la Carretera Cochabamba - Cutervo - Chiple - Cajamarca 2017?, el objetivo general fue: Analizar la influencia de los estudios de suelo de la subrasante para el diseño del pavimento de la Carretera Cochabamba – Cutervo – Chiple – Cajamarca.

El método del presente estudio fue el analítico sintético, el tipo de estudio fue aplicada, de nivel descriptivo y de diseño experimental.

La población estuvo constituido por la Carretera Cochabamba – Cutervo – Chiple, con una extensión 91+620 Km, no se utilizó la técnica de muestreo, el análisis comprendió todo el tramo descrito.

Como resultado de este estudio se concluyó que en el tipo de suelo de la subrasante hubo un predominio de suelo granular en estado medianamente denso a denso, así como también se obtuvo el predominio de suelo fino y cohesivo medianamente compactado.

Palabras claves: subrasante, suelo granular, estado denso.

ABSTRACT

The present study had as a general problem: How does the studies of the soil of the subgrade influence the design of the pavement of the Cochabamba - Cutervo - Chiple - Cajamarca highway? The general objective was: Analyze the influence of soil studies of the subgrade for the design of the pavement of the Cochabamba - Cutervo - Chiple - Cajamarca Highway.

The method of the present study was the synthetic analytical one, the type of study was applied, descriptive level or experimental design.

The population consisted of the Cochabamba - Cutervo - Chiple Highway, with an extension of 91 + 620 km, the sampling technique was not used, the analysis included the entire section described.

As a result of this study, it was concluded that in the type of subgrade soil there was a predominance of granular soil in a moderately dense to dense state, as well as a predominance of fine and cohesive soil that was moderately compacted.

Keywords: subgrade, granular soil, dense state.

INTRODUCCIÓN

El proyecto Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera PE 3N longitudinal de la sierra norte, tramo: Cochabamba-Cutervo –Santo Domingo de La Capilla – Chiple, fue ejecutado durante el periodo de 2017.

Se encuentra ubicado en la provincia de Chota y Cutervo en el departamento de Cajamarca, donde esta carretera, les serviría de interconexión entre ambas provincias. Pertenece a la ruta nacional N° PE 3N longitudinal de la sierra norte. El tramo inicia del km 0+000 hacia la salida a Cochabamba y termina en Chiple, en el kilómetro 91+620, teniendo un total de longitud de tramo de 91.62 km. Dicha carretera tiene 6.60 m de ancho de calzada y ancho de berma de 1.20 m.

Esta provincia se caracteriza por tener clima severo y presencia de lluvias, con una topografía ligeramente accidentada a ondulada, y se dispone de cerros, así como del río Chotano y río Callayue que va a lo largo de la carretera.

En un proyecto de vía terrestre de comunicación, se establece un diseño que se adecúe a las necesidades de la compañía constructora, basado en una serie de datos recopilados en campo. Una vez definido el proyecto bajo todos los parámetros necesarios y previos a la construcción, se procede a la ejecución del proceso de construcción de la carretera en sí mismo, el cual consta de varias etapas, que van desde estudio topográfico y finalizar con la señalización de la vía y todo el complemento necesario.

El estudio de suelo de la subrasante para poder diseñar el pavimento de una carretera tiene unas funciones muy prácticas y nos permitirá conocer las características físicas, químicas y mecánicas del suelo en donde se construirá el nuevo pavimento.

A su vez nos permitirá conocer su composición estratigráfica, es decir las capas o estratos de diferentes características que lo componen en profundidad; así como ubicar cuerpos de agua (napas freáticas), si las hubiere.

Con ello, permitirá determinar la profundidad en la que se deberá hacer las fundaciones (nivel de fundación) y finalmente planificar el diseño, cálculo y dosificación de las fundaciones de la carretera en estudio.

Si es que no se conoce con exactitud las propiedades del suelo, no se podrá realizar un adecuado trabajo, por lo que es de vital importancia realizar los

estudios previos, pues de su correcta planificación y ejecución depende la pérdida o ganancia de tiempo y dinero.

El presente informe está estructurado en 4 capítulos, que se describe a continuación:

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, aquí se describe el problema, se formulan el problema general y específico, los objetivos: general y específicos, la justificación: práctica y metodológica y la delimitación: espacial, temporal y económica.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO, se describe los antecedentes del estudio tanto a nivel nacional como internacional y se desarrolla el marco conceptual.

CAPITULO III: METODOLOGIA, se detalla que el tipo de estudio fue analítico sintético, de tipo aplicada, con nivel descriptivo y de diseño experimental. Así mismo se describe la recolección de datos que fue a través de la observación, así como de todos los equipos e instrumentos necesarios para el caso.

CAPITULO IV: DESARROLLO DEL INFORME, aquí se describe los resultados del estudio.

Finalmente se tienen las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

Bachiller: Luis Carlos Asenjo Guevara.

CAPITULO I

Planteamiento del problema

1.1. Descripción del problema

Las carreteras en el Perú actualmente se encuentran muy dañadas, y requieren de rehabilitación y mejoramiento de las mismas, para dicha acción se necesita aplicar un proceso constructivo de carretera, en la que cada etapa se realice de manera eficaz para obtener un buen resultado. El movimiento de tierra, es una de las etapas más importantes y tiene que ver con el conjunto de actuaciones que se deben realizar a la hora de preparar un terreno en la que en donde posteriormente se llevara a cabo la obra. Tras el análisis y elaboración del proyecto de rehabilitación y mejoramiento de la carretera Cochabamba, Cutervo, Chiple – Cajamarca, en el 2017, se obtuvo que este tramo se desarrolla por zonas rurales y urbanas. Originalmente el pavimento en este sector fue construido a nivel de afirmado. Actualmente, la superficie de rodadura prácticamente carece de afirmado, en algunos sectores se observa material granular grueso entre 3” y 8”, el estado superficial de la carretera en la mayor parte del tramo en estudio se puede calificar como de regular a malo. La superficie de rodadura está bastante deteriorada presentando gran cantidad de baches, encalaminado y ahuellamientos producidos por el tránsito y la falta del mantenimiento; la profundidad máxima de los ahuellamientos llega hasta 15 cm. El mal estado de la superficie que ya existe en la carretera se ve agravado, además, por el mal funcionamiento del drenaje longitudinal y transversal; las cunetas no existen y/o están colmatadas en algunos sectores, el bombeo se ha perdido, lo que produce que el agua pluvial se acumule sobre la superficie y/o discurra sobre la misma formando sus propios cursos longitudinales y transversales al eje de la carretera. Todo esto contribuye al empeoramiento del estado superficial de la vía. La descripción detallada del estado actual de la superficie de rodadura de la carretera en estudio se presenta a continuación: KM 0+010 – KM 9+000 La superficie de rodadura se encuentra encalaminada, el material de afirmado

ha sido desplazado hacia los costados y el centro de la carretera, el tamaño máximo de la grava es de 3". Mal drenaje debido a la falta de cunetas. A partir de la progresiva Km 8+500 se presentan baches. En las progresivas Km 8+690, Km 8+790, Km 8+870 cursos de agua cruzan la vía. La transitabilidad es regular KM 9+000– KM 19+000 En la superficie de la carretera se observan surcos longitudinales y transversales formados por el agua que discurre por la carretera debido al mal drenaje longitudinal. En la progresiva Km 10+500 un curso de agua cruza la carretera. La superficie de rodadura esta encalaminada y tiene baches. El tamaño máximo de grava es de 5". La transitabilidad es de regular a mala KM 19+000 – KM 47+000 La superficie de la carretera se encuentra encalaminada. Se observan surcos formados por el agua. Presencia de baches, ahuellamientos y depresiones. Afloramiento de piedras de 5". La transitabilidad es mala. KM 47+000 – KM 72+000 La superficie se presenta encalaminada, se observan piedras de 10". Presencia de surcos formados por el agua. Numerosos baches y depresiones. En la progresiva Km 45+300 hay zonas de derrumbes. La transitabilidad es mala. KM 72+000 – KM 91+620 La superficie de rodadura se encuentra encalaminada con ahuellamientos y depresiones, el material de afirmado ha sido desplazado hacia los costados, el tamaño máximo de la grava es de 5". Presencia de baches. La transitabilidad es mala. La problemática se relaciona con la deficiencia de la infraestructura de la carretera, la cual retrasa el crecimiento y desarrollo de la sociedad.

1.2. Formulación de los problemas

1.2.1. Problema general

¿Cómo influye los estudios del suelo de la sub-rasante para el diseño del pavimento de la carretera Cochabamba - Cutervo - Chiple - Cajamarca 2017?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo influyen las propiedades físicas del suelo para el diseño del pavimento de la carretera?
- b) ¿Cuál es el resultado de la evaluación de la propiedad mecánica del suelo para el diseño del pavimento de la carretera?
- c) ¿Cuál es la clasificación del suelo de acuerdo a los métodos AASHTO Y SUCS para el diseño del pavimento de la carretera?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar la influencia de los estudios del suelo de la sub-rasante para el diseño del pavimento de la carretera Cochabamba - Cutervo - Chiple - Cajamarca 2017.

1.3.2. Objetivo específico

- a) Determinar la influencia de las propiedades físicas del suelo para el diseño del pavimento de la carretera.
- b) Estimar el resultado de la evaluación de la propiedad mecánica del suelo para el diseño del pavimento de la carretera.
- c) Especificar la clasificación del suelo de acuerdo a los métodos AASHTO Y SUCS para el diseño del pavimento de la carretera.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación practica

Consciente de la necesidad de mejorar el diseño de pavimentos en nuestro país, el presente estudio pretende dar alcances sobre la influencia de los estudios del suelo de la subrasante para el diseño de pavimentos en las carreteras, con los cuales permita aplicar acciones concretas que conlleven a obtener procesos constructivos eficaces y garanticen en la comunidad una carretera adecuada y conservada por un periodo de tiempo largo, generando a su vez impacto positivo, a través de una mejora en la comunicación terrestre, como en este caso, que se facilitaría el acceso de la ruta de Cochabamba a Chiple, teniendo así un desplazamiento confortable entre localidades, reduciendo tiempos entre viajes y mejorando la parte agroindustrial y comercio del sector.

1.4.2. Justificación metodológica

Para lograr los objetivos descritos en el presente informe se recurrió al empleo de técnicas como la observación, la que permitió recolectar datos de manera directa de los hechos y cuidadosa, para luego registrar los datos detallados de cada acción realizada.

Por lo que los resultados obtenidos habiendo sido demostrados, son válidos y confiables, pudiendo servir de referente a futuros trabajos de esta índole.

Cabe resaltar que se ha seguido un proceso metodológico ordenado y sistematizado, lo que permita generar conocimiento, reflexión y debate académico sobre el estudio realizado.

Se tomó en cuenta las normas del reglamento de construcción de carreteras, la misma que orienta sobre el manejo del proceso de movimiento de tierra.

1.5. Delimitación

1.5.1. Delimitación espacial

La carretera Cochabamba - Cutervo - Chiple, pertenece a la Carretera Longitudinal PE-3 y se ubica en las provincias de Chota y Cutervo de la región de Cajamarca. El inicio del tramo se ubica en la localidad de Cochabamba (progresiva 0+000) y el fin del tramo en la localidad de Chiple (progresiva 91+620).



Figura 1.5-1 Ubicación del Departamento o región de Cajamarca.



Figura 1.5-2 Provincia de Cutervo - Cajamarca

1.5.2. Delimitación temporal

Este estudio se desarrolló durante el año 2017, periodo durante el cual se ejecutó la obra, el proyecto “Influencia de los estudios del suelo de la subrasante para el diseño de pavimentos”.

1.5.3. Delimitación económica

.El desarrollo de este estudio se hizo con recursos propios, no se tuvo financiamiento externo.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes nacionales.

Calla Mamani (2015) en su tesis para la obtención del grado de maestría en ingeniería vial con mención en carreteras, puentes túneles, de título “Diseño estructural de pavimentos hidráulicos y asfálticos”, establece como objetivo: Elaborar el estudio definitivo de pavimentación en los jirones Achaya, Manco Capac, Conde de Lemus, Arica, y Puno de la Municipalidad Distrital de Caminaca para brindar adecuadas condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal, llegando a al resultado y conclusión es la siguiente, Se ha elaborado el estudio definitivo de pavimentación en los jirones Achaya, Manco Capac, Conde de Lemus, Arica, y Puno-Caminaca, la cual constituye vías de suma importancia para la localidad de Caminaca, donde realizo estudio del suelo de subrasante utilizando clasificación ASSHTO y SUCS, donde describió todo el proceso del estudio respectivo y redacto los resultados sobre las características geotécnicas de la subrasante del KM 5+000 al KM 10+340, donde indica que trata de un tramo crítico y al tratarse de una zona urbana , el tratamiento a darse debe ser muy especial.

Los suelos subyacentes efectivamente son suelos susceptibles al colapso, conformado por limo y arcilla de baja comprensibilidad, suelos clasificados como material de subrasante malo a muy malo.

De todo el estudio concluye que cuando el valor de la capacidad portante CBR tiene un valor inferior al del diseño será necesario efectuar el mejoramiento de suelo en base a un material transportado que muestre mejor capacidad portante.

Daniel Vega Perrigo, en su tesis para obtener título de ingeniero civil, en Lima – 2018, realizo estudio de diseño de los pavimentos de la carretera de acceso al nuevo puerto Yurimaguas (Km 1+000 a 2+000), concluyo sobre el estudio de suelo que obtuvo que el material de la subrasante

estaba afirmado por arcilla de mediana plasticidad ligeramente húmeda (CL / A – 7 – 5 (4)), el cual tenía un CBR =6 a una compactación del 95% de la densidad máxima del ensayo Proctor estándar (wop = 14.6% máximo gd=1.90 gr/cm³).

El diseño de la estructura del pavimento se realizó considerando las características originales de la subrasante, es decir no existió ninguna mejora sobre ello.

Del estudio de carreteras se obtuvo que el material usado para la subbase sería una arena arcillosa (SC/A – 2 - 6), el cual tenía un CBR =29 a una compactación del 100% de la densidad máxima del ensayo Proctor modificado (wop=8.1%, máximo gd=1.95 gr/cm³) y el material de base sería piedra chancada tipo B, el cual tendría un CBR=112 a una compactación del 100% de la densidad máxima del ensayo Proctor modificado (wop=6.3% máximo gd=2.16 gr/cm³).

Con esto se constató que las características de la subrasante, especialmente CBR, afectan directamente a los espesores de capa del pavimento flexible mientras que para el pavimento rígido su efecto en la elección del espesor de la losa de concreto es prácticamente nulo.

Por su lado, en la Universidad Nacional de Ingeniería, para optar título de Maestría con mención de transporte, en Lima , 2015 , con título “Proceso innovado para determinar el espesor de subrasante mejorado en suelo limo arcilloso aplicado en la carretera puente Raither – Puente Paucartambo”; el ingeniero civil Jorge Dart Pinares, propuso un procedimiento analítico calibrado para dimensionar el espesor de subrasante mejorado a partir de pruebas in situ y el análisis de esfuerzos, deformaciones y deflexiones en pavimento flexibles.

Para validar el procedimiento planteado en su tesis se desarrolló una secuencia ordenada y sistemática de actividades que consideraron metodologías enmarcadas en el estado de arte y el estado de la práctica en la ingeniería de pavimentos, los cuales permitieron sustentar analíticamente el proceso para el dimensionamiento de espesores de subrasante mejorado en pavimento flexible; concluye que a mayores espesores de mejoramiento el módulo resiliente de la capacidad de

mejoramiento disminuye, lo cual parecería contradictorio, pero se explica por qué al igual que en los terraplenes en los mejoramientos se distinguen en tres partes: base, cuerpo y corona de mejoramiento.

2.1.2 Antecedentes internacionales

Lucia Raquel Avilés Ponce realizó la tesis “Caracterización geológica – Geotécnica del sur de la ciudad de Quito”, con la finalidad de describir las Características geotécnicas del subsuelo más detalladamente, se realizó la zonificación en tres niveles diferentes nivel superficial (0-3.0 metros), nivel intermedio (3.0-6 metros) y nivel inferior (6.0-10.0 metros), obteniendo de esta manera y con la misma metodología tres mapas de zonificación geológica geotécnica, además se concluye con una zonificación de 5 zonas: zona excelente, zona buena, zona regular, zona mala y zona muy mala.

Jairo Roldan De Paz, 2010, en su tesis “Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub bases” desarrollada en la ciudad de Guatemala concluye con el porcentaje de capacitación para los materiales arena limosa y arena caliza tienen un aumento con la adiciones de NaCl en porcentajes no mayores al 2%, sin embargo el porcentaje de CBR no se comporta de la misma manera, para el material arena limosa el porcentaje de CBR disminuye, mientras que para el material arena caliza el porcentaje de CBR aumenta para la probeta compactada a 65 golpes.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Carretera

Una carretera o ruta es una vía de transporte de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles. Existen diferentes tipos de carreteras, aunque coloquialmente se usa el término carretera para definir a la carretera convencional que puede estar conectada, a través de accesos, a las propiedades colindantes, diferenciándolas de otros tipos de carreteras, las autovías y autopistas, que no pueden tener pasos y cruces al mismo nivel.

Generalmente una carretera se distingue por un camino porque están concebidas para la circulación de vehículos de transporte. El diseño geométrico de una carretera es el proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos, mediante el uso de las matemáticas, la física y la geometría.



Figura 2.2-1 categoría de carretera



Figura 2.2-2 Tipos de Carreteras

2.2.2 Clasificación de las carreteras

Clasificación Administrativa de la red vial

Según la jerarquización oficial del Perú, el sistema nacional de carreteras (S.I.N.A.C.) compuesto por las siguientes vías.

1. Red vial internacional

- P.A.N. "Carretera Panamericana"
- I.N.O. "Carretera Interoceánica"
- C.M.S. "Carretera Marginal de la Selva"

2. Red vial nacional

Son las carreteras de interés nacional formados por tres ejes longitudinales principales, denominadas con números impares:

P.E.-1:

Longitudinal de la Costa, la parte peruana de la Carretera Panamericana, dividida en:

- ✓ **P.E.-1N:** "Carretera Panamericana Norte"
- ✓ **P.E.-1S:** "Carretera Panamericana Sur"

Longitudinal de la Sierra, dividida en:

- ✓ **P.E.-3N:** "Longitudinal de la Sierra Norte"
- ✓ **P.E.-3S:** "Longitudinal de la Sierra Sur"

PE-5:

Longitudinal de la Selva, la parte peruana de la Carretera Marginal de la Selva, dividida en:

- ✓ **P.E.-5N.:** "Longitudinal de la Selva Norte"

P.E.-5S.: "Longitudinal de la Selva Sur"

Y 20 de transversales, uniendo dos o más departamentos o regiones, codificadas con números pares.

3. Red vial departamental o regional

Son las carreteras circunscritas a un solo departamento o región, por ejemplo:

Amazonas:

- A.M.-106: Carretera P.E.-5. N. - Balzapata
- A.M.-107: Carretera P.E.-0.8.- Chuquibamba
- A.M.-108: Carretera P.E.-0.8. C. - Churuja

4. Red vial vecinal o rural

Son carreteras en el ámbito local, cuya función es articular las capitales de provincia y las capitales de distrito con los centros poblados que se basa en la norma de carreteras como zona 3 u carreteras afirmadas.

Clasificación funcional de la red vial

- ✓ Carreteras longitudinales: Sistema compuesto por aquellas carreteras que unen las Capitales de Departamento a lo largo de la Nación, de Norte a Sur o viceversa.
- ✓ Carreteras transversales: Lo constituyen las carreteras que unen las capitales de Departamento a través del país de Este a Oeste o viceversa.
- ✓ Carreteras colectoras: Son aquellas que unen las Capitales de Provincia, y alimentan a las Vías Transversales y/o Longitudinales
- ✓ Carreteras locales: La componen las vías que unen los distritos, pueblos o caseríos con las carreteras colectoras y/o con otros distritos, pueblos o caseríos.

Clasificación por importancia de la vía

Carreteras de 1er orden: son aquellas con un I.M.D.A. mayor que 4000 vehículo /día y/o une dos puntos estratégicos, para el país, departamento y/o provincias carreteras

Carreteras de 2do orden: son aquellas con I.M.D.A. entre 2001-4000 vehículo/día y/o una Capital de Departamento.

Carreteras de 3er orden: son aquellas con I.M.D.A. entre 201-2000 vehículo/día y/o una provincia o distritos

Carreteras de 4to orden: son aquellas con I.M.D.A. menor que 200 vehículo /día. El diseño de este tipo de vías se rige por Normas Específicas emitidas por el M.T.C.

Clasificación según sus características o función de sus carriles

-Autopista (AP): Vía de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles, con control total de los accesos (Ingresos y Salidas). Que proporciona flujo vehicular completamente continuo. Se le denominará con la sigla A.P.

-Carreteras multicarriles (MC): Vía de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles, con control parcial de los accesos (Ingresos y Salidas). Se le denominará con la sigla MC.

-Carreteras de dos carriles (D.C.). Vía de calzada única con dos carriles, uno por cada sentido de circulación. Se le denominará con la sigla DC.

Clasificación según sus condiciones orográficas

Carretera tipo 1: Permite a los vehículos, pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos ligeros, La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía. Es menor o igual a 10%

Carretera tipo 2: Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos de pasajeros, sin ocasionar el que aquellos operen a velocidades sostenidas en rampas por un intervalo de tiempo largo. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, varía entre 10 y 50%.

Carretera tipo 3: Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pasados a reducir a velocidad sostenida en rampa durante distancia considerables o a intervalos frecuentes. La

inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, varía entre 50 y 100%.

Carretera tipo 4: Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en rampa que aquellas a las que operan en terreno montañoso, para distancias significativas o a intervalos muy frecuentes. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, es mayor de 10%.

SEGÚN SU FUNCIÓN:

Carreteras de la red primaria o troncal: aquellas que unen las regiones extremas del país.

Carreteras de la red secundaria o regional: aquellas que enlazan las comunidades de una región, desembocan en carreteras de la red primaria y se destinan a trayectos de alcance medio.

Carreteras de red terciaria o local: aquellas que comunican las carreteras secundarias con puntos de difícil acceso, generalmente de producción agrícola, con un ancho mínimo de derecho de vía de 30 metros.

DESARROLLO DE CARRETERAS EN EL PERÚ

En el Perú, al ser atravesado de sur a norte por la cordillera de los Andes, se convierte en un territorio con serios problemas físicos para solucionar la demanda del transporte terrestre.

- ✓ En la costa, tenemos grandes fajas de desiertos.
- ✓ En la Sierra, profundos valles.
- ✓ En la Selva, inmensas extensiones de terreno inundables entre ríos caudalosos.

La tarea del Ingeniero de carreteras, es de mucha responsabilidad en relación con el desarrollo de los pueblos. El movimiento de tierras; es fundamental en la construcción de carreteras, determinando métodos para calcular las secciones transversales y volúmenes de tierra a mover. La carretera es un área de la Ingeniería Civil, que debe integrarse al paisaje y no cause trastornos al medio ambiente y a la naturaleza (Impacto Ambiental).

Dificultades que ofrece cada Región al Desarrollo Vial:

COSTA: Acción eólica que da lugar a la formación de Dunas, puentes cuya ubicación está en la desembocadura de los ríos. El fenómeno del Niño, especialmente en obras de arte.

SIERRA: Compleja orografía, obliga a menores diferencias de altitud, huaicos y aluviones.

SELVA: Complicado sistema de drenaje que da lugar a la formación de grandes pantanos o “AGUAJALES”.

SECCIÓN TRANSVERSAL EN EL DISEÑO DE CARRETERAS

La sección transversal de una carretera en un punto de ésta, es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman la carretera en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural. Para agrupar los tipos de carreteras se acude a normalizar las secciones transversales, teniendo en cuenta la importancia de la vía, el tipo de tránsito, las condiciones del terreno, los materiales por emplear en las diferentes capas de la estructura de pavimento u otros, de tal manera que la sección típica adoptada influye en la capacidad de la carretera, en los costos de adquisición de zonas, en la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento y en la seguridad de la circulación.

ELEMENTOS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

Los elementos que integran y definen la sección transversal son: ancho de zona o derecho de vía, calzada o superficie de rodadura, bermas, carriles, cunetas, taludes y elementos complementarios

✓ DERECHO DE VÍA O FAJA DE DOMINIO

Es la faja de terreno destinada a la construcción, mantenimiento, futuras ampliaciones de la Vía si la demanda de tránsito así lo exige, servicios de seguridad, servicios auxiliares y desarrollo paisajístico. En las carreteras ejerce dominio sobre el derecho de Vía, el MTC a través de la Dirección General de Caminos quien normará, regulará y autorizará el uso debido del mismo.

✓ ANCHO DE LA FAJA DE DOMINIO

La faja de dominio o derecho de Vía, dentro de la que se encuentra la carretera y sus obras complementarias, se extenderá más allá del borde de los cortes, del pie de los terraplenes, o del borde más alejado de las obras de drenaje que eventualmente se construyen, según la tabla:

Tabla 2.2-1

Categorías de las carreteras

Categoría	Límites de obra determinados por otra obra (*)
Autopistas o multi-carriles	6.00(**)
Carretera de dos carriles (1 y 2 clase)	3.00(**)
Carretera dos carriles (3 clase)	1

Holgura mínima deseable entre límites de obra y de derecho de vía (m)

BOMBEOS

En tramos rectos o en aquellos cuyo radio de curvatura permite el contraperalte las calzadas deberán tener, con el propósito de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal mínima o bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona. El cuadro 3 especifica estos valores indicando en algunos casos un rango dentro del cual el proyectista deberá moverse, afinando su elección según los matices de la rugosidad de las superficies y de los climas imperantes.

TALUDES

Los taludes para las secciones en corte variarán de acuerdo a la estabilidad de los terrenos en que están practicados; la altura admisible del talud y su inclinación se determinarán en lo posible, por medio de ensayos y cálculos, aún aproximados.

✓ Taludes en Corte:

Exige el diseño de taludes, el estudio de las condiciones especiales del lugar, especialmente las geológicas, geotécnicas (prospecciones), ensayos de laboratorio, análisis de estabilidad, etc. y medio

ambientales, para optar por la solución más conveniente, entre diversas alternativas. La inclinación y altura de los taludes para secciones en corte variarán a lo largo del Proyecto según sea la calidad y homogeneidad de los suelos y/o rocas evaluados (prospectados).

En el diseño de estos taludes se tomará en cuenta la experiencia del comportamiento de los taludes de corte ejecutados en rocas y/o suelos de naturaleza y características geotécnicas similares, ubicadas en la zona y que se mantienen estables ante las mismas condiciones ambientales actuales.

✓ **Taludes de Terraplenes**

Las inclinaciones de los taludes para terraplenes variarán en función de las características del material con el cual está formado el terraplén, Exige el diseño de taludes un estudio taxativo, que analice las condiciones específicas del lugar, incluidos muy especialmente las geológico geotécnicas, facilidades de mantenimiento, perfilado y estética, para optar por la solución más conveniente, entre diversas alternativas.

CUNETAS

Son canales abiertos construidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y sub-superficiales procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes a fin de proteger la estructura del pavimento. La sección transversal puede ser triangular, trapezoidal o rectangular. Sus dimensiones se deducen a partir de cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta su pendiente longitudinal, la intensidad de lluvia prevista, pendiente de cuneta, área de drenaje y naturaleza del terreno, entre otros. En lo siguiente se abordarán las características geométricas generales como: taludes interiores, las profundidades y los fondos de las cunetas entre otros de forma referencial, considerando fundamentalmente factores geométricos.

✓ **Talud Interior de Cunetas**

La inclinación del Talud dependerá, por condiciones de seguridad, de la velocidad y volumen de diseño de la carretera o camino. El valor máximo correspondiente a velocidades de diseño <70 Km/h. (1:2) es aplicable solamente a casos muy especiales, en los que se necesite imprescindiblemente una sección en corte reducida (terrenos escarpados), la que contará con elementos de protección (Guardavías). Inclinaciones fuera de estos, según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001) deberán ser justificadas convenientemente y se dispondrán de los elementos de protección adecuados.

Profundidad de la Cuneta :

La profundidad será determinada, en conjunto con los demás elementos de su sección, por los volúmenes de las aguas superficiales a conducir, así como de los factores funcionales y geométricos correspondientes. En caso de elegir la sección triangular, la profundidad mínima de estas cunetas será de 0.20 m para regiones secas, de 0.30 m para regiones lluviosas y de 0.50 m para regiones muy lluviosas.

✓ **El Fondo de la Cuneta**

El ancho del fondo será función de la capacidad que quiera conferírsele a la cuneta. Eventualmente, puede aumentársele si se requiere espacio para almacenamiento de nieve o de seguridad para caída de rocas. En tal caso, la cuneta puede presentar un fondo inferior para el agua y una plataforma al lado del corte a una cota algo superior, para los fines mencionados. Longitudinalmente, el fondo de la cuneta deberá ser continuo, sin puntos bajos. Las pendientes longitudinales mínimas absolutas serán 0,2%, para cunetas revestidas y 0.5% para cunetas sin revestir.

✓ **Revestimiento**

Si la cuneta es de material fácilmente erosionable y se proyecta con una pendiente tal que le infiere al flujo una velocidad mayor a la máxima

permisible del material constituyente, se protegerá con un revestimiento resistente a la erosión.

✓ **Velocidad admisible**

La velocidad de las aguas debe limitarse para evitar la erosión, sin reducirla tanto que pueda dar lugar a sedimentación. La velocidad mínima aconsejada es de 0.25 m/s, las máximas admisibles se indican en la tabla 2.2-2.

*Tabla 2.2-2
Tipos de material y velocidad admisible*

Material de Cauce	Velocidad Admisible
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0.6 – 1.2 metros
Arena fina o lino (poca o ninguna arcilla)	0.3 – 0.6 metros
Arcillas	1.2 metros
Grava gruesa	1.2 metros
Pizarra blanda	1.5 metros
Mampostería	4.5 metros
concreto	4.5 metros

DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA Y PERFIL

La Norma D.G. 2001 presenta generalmente valores mínimos, es decir, las menores exigencias límites de diseño. Deberán usarse las mejores características dentro de los límites razonables de economía, haciendo lo posible por superar los valores límites indicados utilizándolos sólo cuando el mayor costo de mejores características sea injustificado o prohibitivo.

En general, las tablas normativas fijan valores mínimos o máximos absolutos, para un rango de velocidades de diseño entre 30 y 150 Kph, variando cada 10 Kph. Los valores mínimos o máximos deseables pueden considerarse aquellos que corresponden a una velocidad de 10 Kph superior a la velocidad de diseño adoptada para la carretera que se esté proyectando. Se presenta aquí algunos aspectos fundamentales que habrán de considerarse en el diseño del alineamiento, considerando su fluidez y apariencia general:

- Los tramos excesivamente extensos en tangente, convenientes para las vías férreas, no son deseables para las carreteras. Para las carreteras de un patrón elevado (autopistas o multicarriles), el trazado deberá ser más bien una serie de curvas de radios amplios que de extensas tangentes, "quebradas" por curvas de pequeña amplitud circular. A fin de reducir la sensación de monotonía para el conductor, ese patrón de trazado se ajusta mejor a la conformación básica de las líneas naturales, pudiendo reducir los rasgos causados por el terraplén en el paisaje. Las consideraciones de apariencia de la carretera y de orientación del conductor recomiendan que, en la medida de lo posible, las curvas circulares estén dotadas de curvas de transición, incluso en los casos en que, conforme a los criterios usuales, éstas estarían dispensadas.
- Al final de las tangentes extensas o tramos con leves curvaturas, o incluso donde siga inmediatamente un tramo con velocidad de diseño inferior, las curvas horizontales que se introduzcan deberán concordar con la mayor posibilidad precedente, preferiblemente bien por encima del mínimo necesario, y proporcionando una sucesión de curvas con radios gradualmente decrecientes para orientar al conductor. En estos casos, siempre deberá considerarse el establecimiento de señales adecuadas de advertencia para paliar las deficiencias que emanen de este hecho.

2.2.3 Pavimento

Cuando se habla del pavimento de una carretera, se refiere a la parte fundamental de la estructura de la carretera, se trata de un conjunto de capas superpuestas de materiales procesados por encima del terreno natural con la finalidad de distribuir las cargas aplicadas por un vehículo a la subrasante. El pavimento es una estructura estratificada que posibilita circular con seguridad y con comodidad. El pavimento tiene que soportar las acciones del tráfico y del clima, manteniendo su integridad. Debe brindar una adecuada resistencia al ahuellamientos, deslizamiento y

agrietamiento. Así como ser capaz de proveer apropiados niveles de reflejo de luz y un nivel bajo de ruido. La función de los pavimentos es proporcionar una rodadura segura, cómoda y permanente, así como absorber las cargas del tráfico (vehículos pesados) sin perder su integridad; y proteger la subrasante de la intemperie. Según Rico y Del Castillo (1976), un pavimento puede definirse como el conjunto de capas, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistentes a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito. En otras palabras, un pavimento es la superestructura vial que hace posible el tránsito vehicular con la comodidad, seguridad y economía previstas por el proyecto. Los materiales empleados en la construcción de un pavimento ofrecen una gran variedad de posibilidades; por ello, esta estructura puede estar conformada por varias capas. Dichas capas pueden ser de materiales seleccionados sometidos a diversos tratamientos; y su superficie de rodadura puede ser una carpeta asfáltica, una losa de concreto hidráulico o estar formada por acumulaciones de materiales pétreos compactados. Las tecnologías actuales ofrecen una gama muy diversa de secciones estructurales diferentes y depende en gran parte de las condiciones y los requerimientos del proyecto para poder elegir la alternativa correcta de diseño. En el Perú, los pavimentos de concreto son casi inexistentes, primordialmente por el deseo de construir carreteras y los flexibles son más baratos comparados con lo de concreto. El pavimento flexible es una estructura formada por varias capas como lo son la sub rasante, la sub base, la base y la carpeta asfáltica; cada una con una función determinada, las cuales en su conjunto tienen los siguientes propósitos:

- Resistir y distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito. El pavimento flexible debe estar constituido de manera tal que las cargas, producidas por el tránsito, no provoquen deformaciones de ningún tipo en su estructura, siendo de mucha importancia el espesor que el mismo tenga.

- Tener la impermeabilidad necesaria, este pavimento debe ser lo suficientemente impermeable para impedir la infiltración que puede darse por parte del agua, afectando la capacidad de soporte del suelo. De esto se concluye que es de mucha importancia la existencia de un drenaje adecuado.
- Resistir la acción destructora de los vehículos, el pavimento debe ser resistente respecto al desgaste y desprendimiento de partículas que se obtiene como consecuencia del paso de los vehículos.
- Resistir los agentes atmosféricos, como un efecto continuo de su presencia, los agentes atmosféricos provocan la meteorización y alteración de los materiales que componen el pavimento, reflejándose este problema en la vida económica y útil del mismo.
- Poseer una superficie de rodadura adecuada, que permita fluidez y comodidad hacia el tránsito de los vehículos. La superficie del pavimento, debe proporcionar un aspecto agradable, seguro y confortable, de manera que el deslizamiento de los vehículos sea óptimo. Esta superficie que debe ser lisa, también debe ser antideslizante en caso de estar húmeda.
- Ser flexible para adaptarse a ciertas fallas de la base o sub base. la flexibilidad del pavimento es muy importante en caso de presentarse asentamiento en alguna de sus capas; pudiendo así adaptarse a las pequeñas fallas sin necesidad de reparaciones costosas.

De acuerdo con las teorías de esfuerzos y las medidas de campo que se realizan, los materiales con que se construyen los pavimentos deben tener la calidad suficiente para resistir. Por lo mismo, las capas localizadas a mayor profundidad pueden ser de menor calidad, en relación con el nivel de esfuerzos que recibirán, aunque el pavimento también transmite los esfuerzos a las capas inferiores y los distribuye de manera conveniente, con el fin de que estas lo resistan. Los materiales que forman las terracerías también deben cumplir normas, esto permite que los terraplenes se construyan con economía, al utilizar los materiales extraídos de los cortes adyacentes. La calidad y los espesores de las capas del pavimento deben estar íntimamente relacionados con los

materiales de las capas inferiores; es decir, tanto los esfuerzos debido al tránsito como la calidad de las terracerías influyen en la estructuración del pavimento. Así, con estos dos parámetros, el ingeniero debe estructurar el pavimento; para hacer esto, usara los materiales regionales y con ellos resolverá los diferentes problemas que se presenten, en la forma más económica posible. Como se ha indicado, el pavimento proporciona la superficie de rodamiento para que los vehículos transiten con "rapidez" y "comodidad". Estas últimas cualidades se colocan entre comillas porque son relativas y dependen principalmente del tipo de camino. Por ejemplo, en una autopista de cuota los usuarios exigen velocidades altas, quizás mayores que los 80 km/h, con alineamiento horizontal y vertical que les brinde seguridad y comodidad; sin embargo, en caminos de segundo orden se maneja en ocasiones a velocidades de 20 km/h debido a que tanto en el alineamiento horizontal como en el vertical se utilizaron especificaciones máximas. En ambos casos, estas condiciones son las adecuadas y los usuarios se adaptan a ellas.

2.2.4 Clasificación de los pavimentos

Según Vivar, los pavimentos pueden clasificarse, de manera genérica, de acuerdo a los siguientes parámetros:

1. La calidad de los materiales empleados en su construcción: afirmados, estabilizados, aglomerados o mezclas asfálticas y de cemento Portland.
2. El tipo de sollicitación que soportarán a lo largo de su vida de servicio o el uso al que estarán destinados: urbanos, industriales, de carreteras, de aeropuertos, o deportivos.
3. El periodo de vida para el que son diseñados y construidos: temporales y definitivos.
4. La forma en que distribuyen las cargas al terreno: Rígidos, flexibles y semirrígidos.

Los pavimentos se denominan flexibles o rígidos por la forma en que transmiten los esfuerzos y deformaciones a las capas inferiores que dependen de la relación de rigideces relativas de las capas. Un pavimento flexible transmite esfuerzos concentrados en una pequeña área, mientras que un pavimento rígido distribuye los esfuerzos en una mayor área.

Se conoce que en términos de módulo de elasticidad la relación entre un pavimento flexible y el suelo de subrasante que lo soporta es del orden de 4 a 1, mientras que esa misma relación sube a aproximadamente 265 a 1 en el caso de los pavimentos rígidos.

El pavimento flexible, por tener un módulo de elasticidad semejante al del suelo, concentra las cargas bajo el punto de aplicación (área pequeña de distribución de carga) debido a la baja resistencia al corte de la subrasante; ello induce a presiones grandes en la fundación del pavimento. El pavimento rígido por su elevado módulo de elasticidad respecto del suelo, distribuye las cargas sobre una gran superficie provocando, en consecuencia, bajas presiones sobre la fundación del pavimento.

2.2.5 Pavimentos flexibles

Los pavimentos flexibles son sistemas de capas conformados por materiales caros de alta calidad en la parte superior donde los esfuerzos son altos y materiales baratos y de baja calidad en la parte inferior debido a la degradación de los esfuerzos con la profundidad de las capas. Según Huang, la sección de un pavimento flexible está conformada, comenzando desde la parte superior, de la siguiente manera: Seal coat (capa de sellado), surface course (capa de rodadura), tack coat (riego de liga), binder course (capa aglutinante), prime coat (capa de imprimación), base course (base), subbase course (subbase), compacted subgrade (subrasante) y natural subgrade (suelo de fundación).

Sección Transversal:

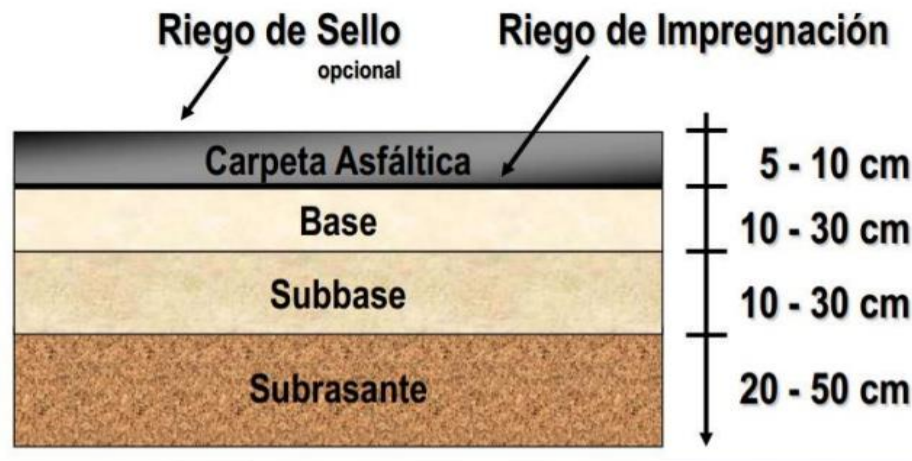


Figura 2.2-3 Sección trnasversal

- ✓ Seal coat; la capa de sellado asfáltico es una delgada capa de asfalto utilizada para proteger la superficie de rodadura del agua y para proporcionar resistencia al deslizamiento debido al desgaste que sufren los agregados de la capa de rodadura.
- ✓ Surface course; la capa de rodadura es la capa en contacto directo con las cargas de tráfico y, en general contiene materiales de calidad superior. Se construye con hormigón asfáltico (HMA) y, las funciones y requisitos que debe cumplir esta capa son: Ser resistente a la distorsión bajo cargas de tráfico, proveer una superficie lisa y resistente al deslizamiento y, ser a prueba del agua para proteger la base y sub-base del efecto de debilitamiento del mismo.
- ✓ Binder course; la capa aglutinante, también conocido como la capa base del asfalto, es la capa asfáltica colocada debajo de la capa de rodadura. Existen dos razones por las cuales se coloca esta capa en adición a la capa de rodadura. La primera es que el hormigón asfáltico (HMA) tiene un espesor muy grande para ser compactado en una sola capa por lo que debe ser puesto en dos. La segunda razón es que esta capa está compuesta por agregados más grandes y menos asfalto debido a que no requiere de una calidad de composición tan alta como la carpeta de rodadura por lo que el uso de ella resulta en un diseño más económico.

- ✓ Tack coat; el riego de liga es por lo general emulsión de asfalto diluido en agua que proporciona una unión adecuada entre las dos capas asfálticas. Los riegos de liga también son usados para unir un pavimento asfáltico a un pavimento de concreto (P.C.C.) o a un pavimento asfáltico antiguo. Los tres principales requerimientos con los que debe contar un riego de liga son: Debe ser una capa muy delgada, debe cubrir uniformemente toda la superficie a pavimentar y debe poder “romper” antes que el hormigón asfáltico (HMA) sea puesto.
- ✓ Prime coat; la capa de imprimación es una delgada capa de asfalto tipo cut-back de baja viscosidad que se aplica a una superficie absorbente como la base granular sobre la que se coloca la capa aglutinante. Su función es unir la base a la capa asfáltica y lo que lo diferencia del riego de liga es que este último no requiere de la penetración del asfalto en la capa inferior mientras que la capa de imprimación sí lo hace; además de conectar los espacios vacíos y formar una superficie impermeable.
- ✓ Base course and subbase course; la base es la capa que se encuentra inmediatamente después de la capa aglutinante. Es el principal elemento estructural en los pavimentos flexibles y puede estar compuesto de agregados aglomerados con asfalto (como en el caso de las bases negras y estabilizadas), de agregados aglomerados con cemento Portland (como en el caso de las bases estabilizadas con cemento, o las bases de concreto compactado con rodillo); o de suelos sin aglomerar como en el caso de las bases de grava. La subbase es la capa que se encuentra debajo de la base. Cumple la función de capa drenante, anticontaminante y resistente. Como capa drenante, facilita la evacuación lateral de las aguas provenientes del nivel freático, de aniegos o de infiltración; como anticontaminante, impide el arrastre de los finos de la subrasante hacia la base; así como impide que las gravas y las piedras de la base se introduzcan en una subrasante blanda; y como capas resistentes debido a su espesor y su capacidad de distribuir las cargas de tránsito sobre la subrasante. La razón por la cual se usan dos capas de material granular diferente es por razones económicas. En vez de usar materiales más costosos en la composición de la capa granular completa, se prefiere usar

materiales de menor calidad en la composición de la sub-base y materiales de mayor calidad en la base.

- ✓ Subgrade; la subrasante es la porción superior del suelo de fundación, que ha sido nivelada, perfilada y compactada y que servirá de apoyo a las diferentes capas del pavimento.

2.2.6 Pavimentos rígidos

Los pavimentos rígidos se encuentran constituidos por una losa de concreto apoyada directamente sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado. Como solo existe una capa entre la losa de concreto y la subrasante, esta puede ser llamada base. La necesidad de utilizar la base surge solo si la subrasante no tiene las condiciones necesarias como para resistir las cargas de tráfico; es decir, que no actúe como un soporte adecuado. Según Montejo, la capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento. Según Huang, la sección de un pavimento rígido se encuentra conformado por 2 capas como se observa a continuación en la siguiente imagen:

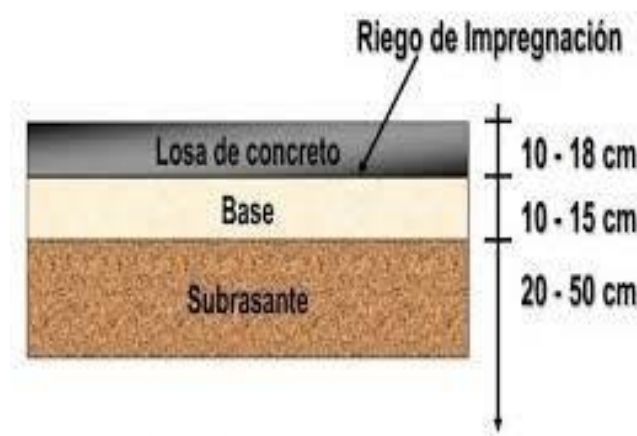


Figura 2.2-4 Partes pavimento rígido

- ✓ Portland Cement Concrete; la losa de concreto es la capa en contacto con las cargas de tráfico. Las funciones de la losa en los pavimentos rígidos son las mismas de la carpeta asfáltica en los flexibles, más la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que le apliquen.
- ✓ Base or subbase course; los primeros pavimentos rígidos eran contruidos directamente sobre la subrasante sin hacer uso de una base. Como el peso y el volumen de tráfico aumentó, el fenómeno de bombeo empezó a ocurrir y el uso de un base granular se volvió popular. A pesar de que el uso de una base granular pueda reducir los esfuerzos sobre el concreto, es poco económico construir una con ese fin pues el mismo esfuerzo en el concreto puede obtenerse sin hacer uso de dicha carpeta y solamente aumentando el espesor de la capa de concreto.

Las principales funciones que desarrolla una base granular son las siguientes:

-Control del bombeo; se entiende por bombeo a la fluencia del material fino con agua fuera de la estructura del pavimento, debido a la infiltración del agua por las juntas de las losas. El agua que penetra a través de las juntas licúa el suelo fino de la subrasante facilitando así su evacuación a la superficie bajo la presión ejercida por las cargas circulantes a través de las losas. Existen tres factores que deben ocurrir simultáneamente para que exista bombeo: El material debajo de la losa de concreto debe estar saturado (por ello, un buen drenaje es una de las formas más eficientes para prevenir el bombeo), debe existir una carga de tránsito pesada y frecuente (incluso bajo cargas muy pesadas, el bombeo únicamente ocurre por la repetición continua de dichas cargas); y por último, el material debajo de la losa de concreto debe ser erosionable.

-Mejoramiento del drenaje; la base, al ser un material granular posee un mayor número de vacíos lo cual facilita el drenaje del agua fuera de dicha capa.

-Control de cambios volumétricos; la base controla el cambio de volumen de la subrasante al tener la capacidad de drenar el agua y evitar que esta

ingrese a dicha capa y de esta manera disminuye la acción superficial de tales cambios volumétricos sobre el pavimento.

-Facilidad de construcción, la base puede ser usada como plataforma de trabajo ya que puede mantener la superficie limpia y seca lo cual facilita los trabajos de construcción. Como se puede observar, siempre existirá la necesidad de construir una carpeta granular que acompañe a la losa de concreto debido a las facilidades expuestas anteriormente. Los pavimentos rígidos, según Huang, pueden ser clasificados en cuatro tipos: Pavimento articulado de concreto simple (JPCP), pavimento articulado de concreto reforzado (JRCP), pavimento continuo de concreto reforzado (CRCP) y pavimento de concreto pre esforzado (PCP).

. Pavimento articulado de concreto simple (JPCP); este es el tipo más común de pavimento rígido. El pavimento articulado de concreto simple controla las grietas dividiendo el pavimento en losas individuales separadas por juntas de contracción separadas entre 4.5 y 9.0 m. JPCP no utiliza ningún tipo de refuerzo de acero, pero utiliza pasadores o dovelas (dowels) en las juntas transversales y barras de unión (tie bars) en las juntas longitudinales. Existe la posibilidad de prescindir del uso de los dowels; en este caso, la transferencia de carga se logra a través de la trabazón (interlock) de los agregados entre las caras agrietadas debajo de las juntas formadas. Para que esta transferencia sea efectiva, es necesario que se use un espaciamiento corto entre juntas.

. Pavimento articulado de concreto reforzado (JRCP); el acero de refuerzo no aumenta la capacidad portante de la estructura; sin embargo, sí permite espaciar las juntas un poco más (alrededor de 9.0 a 30.0m). El refuerzo de acero está diseñado para sostener firmemente juntas las grietas transversales que se desarrollan en la losa. Debido al gran espaciamiento entre paneles, pasadores y barras de unión también se utilizan en todas las juntas transversales y longitudinales, respectivamente. La cantidad de acero de refuerzo necesario incrementa con el aumento del espaciamiento de las juntas; sin embargo, el número de juntas y dowels a usarse decrece cuando esto sucede. De acuerdo a Huang, se recomienda un espaciamiento máximo de juntas de 12.2 m lo

cual garantiza el diseño más económico para el pavimento en términos de uso del acero de refuerzo, de las juntas y de los dowels.

. Pavimento continuo de concreto reforzado (CRCP); este tipo de pavimento no requiere juntas de contracción y permite la formación de grietas transversales que se mantienen juntas con el acero de refuerzo continuo. Las grietas se forman típicamente a intervalos de 1.1 hasta 2.4 m. Antiguamente el diseño CRCP consistía de una losa de concreto de aproximadamente 80% del espesor de un diseño JPCP; sin embargo, la tendencia actual es hacer el diseño CRCP del mismo espesor que JPCP. El acero de refuerzo solo es útil para controlar el espaciamiento y ancho de las grietas que se forman mas no como contribución estructural al pavimento.

. Pavimento de concreto pre esforzado (PCP); como es sabido, el concreto es débil a los esfuerzos de tracción, pero fuerte a los esfuerzos de compresión. La pre aplicación de un esfuerzo de compresión al concreto reduce los esfuerzos de tracción causados por las cargas de tráfico y por ende se reduce el espesor de la losa de concreto. Los pavimentos de concreto pre esforzado tienen menos posibilidades de fisurarse y tienen un menor número de juntas transversales por lo que resulta en un menor costo de mantenimiento y mayor vida útil de la estructura.

2.2.7 Comportamiento de los pavimentos

Los conceptos actuales del comportamiento de los pavimentos incluyen ciertas consideraciones de comportamiento funcional.

Comportamiento estructural y seguridad: en este caso nos estamos refiriendo principalmente a los comportamientos funcional y estructural.

La información pertinente de seguridad puede ser encontrada en publicaciones apropiadas de la N.C.H.R.P., F.H.W. A. y A.A.S.H.T.O.

Un aspecto importante de seguridad es la resistencia a la fricción en la interfase pavimento neumático.

La A.A.S.H.T.O. ha editado una publicación: Gulas para el Diseño de pavimentos Resistentes a los Deslizamientos, a la cual se puede referir para información acerca de esta materia. El comportamiento estructural de un pavimento se relaciona con su condición física, esto es, con la ocurrencia de agrietamientos, fallas, peladuras, u otras situaciones que podrían afectar exclusivamente la capacidad de soporte de la estructura del pavimento o en todo caso, requerir mantenimiento.

El comportamiento funcional de un pavimento se refiere a cuan bien sirve el pavimento al usuario. En este contexto el confort o calidad de la transitabilidad es la característica predominante. Para poder calificar el confort de la transitabilidad se desarrolló el concepto de "serviciabilidad comportamiento" en la carretera experimental AASHO en 1957. Desde que el concepto de serviciabilidad del comportamiento es usado como una medida del comportamiento para las ecuaciones de diseño, una explicación del concepto anterior es perfectamente válida. El concepto de serviciabilidad está basado en 5 aspectos fundamentales resumidos como sigue:

- 1) Las carreteras están hechas para el confort y conveniencia del público usuario.
- 2) El confort, o calidad de la transitabilidad, es materia de una respuesta subjetiva de la opinión del usuario.
- 3) La serviciabilidad puede ser expresada por medio de la calificación hecha por los usuarios de la carretera y se denomina la calificación de la serviciabilidad.
- 4) Existen características físicas de un pavimento que pueden ser medidas objetivamente y que pueden relacionarse a las evaluaciones subjetivas. Este procedimiento produce un índice de serviciabilidad objetivo.
- 5) El comportamiento puede representarse por la historia de la serviciabilidad del pavimento.

La serviciabilidad de un pavimento esta expresada en términos del índice de serviciabilidad presente (PSI- Pavement Serviciability Índice). Este Psi es obtenido de las medidas de rugosidad y daños, por ejemplo,

agrietamiento, parchados y profundidad del ahuellamientos (pavimento flexible), en un momento particular durante la vida de servicio del pavimento. La rugosidad es factor dominante en la estimación del PSI de un pavimento. Así, es importante emplear un método confiable, para medir la rugosidad al monitorear la historia del comportamiento del pavimento.

ESFUERZOS QUE SE PRODUCEN EN EL PAVIMENTO

La estructura del pavimento está conformada por capas, que son de material escogido y que tienen por finalidad proporcionar al camino, un adecuado elemento de soporte a la acción de las cargas provenientes de la circulación de vehículos de tal manera que al terreno de fundación se transmita una presión vertical y un esfuerzo de corte aceptables. Como es sabido cuando se diseña un pavimento flexible sus espesores deben satisfacer la exigencia del esfuerzo vertical de compresión en la superficie de la subrasante y el esfuerzo de tensión horizontal sobre el lado bajo de la capa inferior del asfalto. En el punto de contacto se produce una presión unitaria "P", de tal forma que la rueda al deformarse origina un área de contacto en forma elíptica que se aplica en algún punto del paño y que se asume como si fuera un círculo. En el caso de pavimento rígido, la losa absorbe la carga en todo el paño; mientras que en los flexibles el esfuerzo se distribuye a través de las diferentes capas, los que será necesario conocer para de acuerdo a ello diseñar los espesores de las mismas. Dichos esfuerzos se calculan generalmente según la teoría de Boussinesq, los mismos que deberán ser iguales o inferiores a la capacidad portante del terreno de fundación. Igualmente, el Torque (T) en el centro de la rueda se transmite como esfuerzo tractor (E_t), para que rompa la fuerza de fricción ($f.t$). El esfuerzo tractor E_t provoca esfuerzos de corte en la superficie del pavimento, el que también disminuye con la profundidad.

CARACTERISTICAS DE UN BUEN PAVIMENTO

Para obtener un buen pavimento se debe considerar lo siguiente:

- ✓ Debe ser resistente a las cargas; ya que de lo contrario los esfuerzos verticales y horizontales producen fallas de hundimiento y desplazamientos horizontales.
- ✓ Debe proporcionarnos una circulación cómoda eficiente y económica.
- ✓ En zonas lluviosas debe tener un drenaje adecuado de tal forma que la transitabilidad sea permanente y segura.
- ✓ Debe ser impermeable y evitar la acción del agua sobre el terreno de fundación.
- ✓ En lo posible debe ser indeformable, aceptándose solo en pequeña magnitud de tal manera que no corra riesgo de deterioro.
- ✓ Debe ser liso y duro a fin de que no obstaculice el avance de la rueda, evitando así al motor del vehículo mayores esfuerzos (potencia).

ESTRUCTURA GENERAL DE UN PAVIMENTO

1. Sub-rasante: es la parte de una carretera que sirve para el soporte de las capas de pavimento, por tanto, debe cumplir características estructurales para que, los materiales seleccionados que se colocan sobre ella se acomoden en espesores uniformes y su resistencia debe ser homogénea en toda la superficie para evitar fallas en los pavimentos. En algunos casos esta capa está formada solo por superficie del terreno. En otros casos, cuando en estado natural el material de corte del lugar es de muy baja calidad, se tendrá que hacer un proceso de mejoramiento, estabilización y luego darle el grado de compactación necesario para obtener la sub-rasante adecuada.

El estudio de suelo de la sub-rasante, corresponde al terreno natural, según los perfiles stratigráficos de cada excavación y se tiene un modo único para el diseño de pavimento, teniendo en consideración del tipo de vía.

2. Sub base: la función de la sub base en un pavimento flexible es puramente económica, buscando así obtener un espesor utilizando el material más barato posible. Podría construirse dicho espesor con materiales de alta calidad como en el caso de la base, pero usualmente se hace aquella más delgada y se sustituye en parte por la sub base

que es de menor calidad, trayendo como resultado un aumento en el espesor total del pavimento, pues es un hecho que cuando menor es la calidad del material utilizado, mayor será el espesor necesario para soportar los esfuerzos transmitidos. Otra función de la sub base es la de servir de transición entre la base y la sub rasante, ya que el material de la base es granular más o menos grueso y el de la sub rasante es más fino que lo anterior, de esta manera sirve como filtro para evitar que el material de la base se incruste en la sub rasante. La sub base sirve también para absorber las deformaciones que provienen de la sub rasante y que pueden ser perjudiciales para el pavimento en general. Así también lo son los cambios volumétricos asociados a los cambios de humedad.

La sub base a su vez sirve como drenaje para desalojar el agua que se infiltre en el pavimento y para impedir la ascensión capilar hacia la base. De las funciones mencionadas, la estructural y la económica son las que más se proyectan en la construcción de pavimentos, el esto depende de las circunstancias y de los materiales con los que se cuente para la sub base. Generalmente las dos cualidades que se buscan en el material se subbase son:

La resistencia friccionante y la capacidad de drenaje, teniendo cada una, en su razón de ser, la importancia de su preferencia. La resistencia friccionante contribuirá a la resistencia en conjunto del pavimento, garantizando buen comportamiento en cuanto a deformidad se refiere, como resultado de una buena compactación.

La capacidad de drenaje, igualmente importante, es necesaria debido a la doble función que realiza tanto con el agua que se infiltra de la superficie, como la que asciende por capilaridad.

- 3. Base:** su función es la de proporcionar un elemento resistente que transmita los esfuerzos producidos por el tránsito, hacia la sub base y sub rasante, en una intensidad adecuada; muchas veces la base también debe trabajar como la sub base, respecto a la doble función de drenaje mencionada anteriormente. Básicamente el material que constituye a la base, en el pavimento flexible, debe ser friccionante y

provistos de vacíos. La primera garantizará la resistencia adecuada y la permanencia de dicha resistencia con la variación de las condiciones que se puedan presentar, como podría ser el contenido de agua. Es lógico que no basta solo con emplear material friccionante para garantizar la resistencia deseada, sino también una compactación adecuada, necesaria para adquirir la compacticidad y trabazón estructural requerida para una buena base. Los materiales utilizados para la base suelen someterse a procesos exigentes para su aprobación como lo es la trituración produciendo efectos favorables para la resistencia y deformabilidad de la estructura a construir, ya que se obtienen partículas con formas convenientes para un reacomodo adecuado, además de esto se deben llenar otras especificaciones por lo que es necesario tamizar dicho material.

La base debe proporcionar una superficie de rodadura adecuada, con textura y color conveniente, además de resistir los efectos abrasivos del tránsito. Es muy importante mencionar que esta capa debe impedir, hasta donde sea posible, la infiltración del agua al interior del pavimento. La base está construida sobre la sub base y se diferencia de esta por la mejor calidad de sus materiales y las mayores exigencias en las especificaciones técnicas de construcción. Aun cuando se tiene funciones de sub-base, su importancia radica en su capacidad estructural y de protección del resto del pavimento, además permite la circulación de los vehículos mientras se construye la capa de rodadura.

- 4. Capa de rodadura:** se denomina a la última capa que se construye, es sobre ella donde circulan los vehículos durante el periodo de servicio del pavimento. Por esto debe ser resistente a la abrasión producida por el tráfico y a los condicionamientos del intemperismo, además tiene la función de proteger la estructura, impermeabilizando la superficie del pavimento. La textura superficial de la capa de rodadura debe presentar dos características para atender adecuadamente la circulación de los vehículos: la suavidad, para que sea cómoda y la rugosidad, para que sea segura.

CARACTERISTICAS DEL SUELO

Se identifican a los Suelos en cinco grupos básicos: grava, arena, limos, arcillas coloides. Por otro lado, es raro encontrar a los materiales en la naturaleza constituyendo un solo componente, más bien se presentan como suelos compuestos. Con fines de estudiarlos para aprovechamiento en vías de transporte, podemos mencionar a continuación una forma de identificar visualmente a los suelos y poder tener una descripción preliminar de campo

a. Textura:

La cantidad de cada tamaño del contenido en una mezcla de suelo determinará su textura. El tacto y la apariencia de los grupos texturales indican el tipo de suelo que se encuentra en la exploración y será de ayuda en su clasificación. El ensayo se debe efectuar de la siguiente manera: se forma una moldeadora con la mano de suelo seco o húmedo comprimiéndola con los dedos se realiza el ensayo en campo para juzgar la textura de un suelo.

b. Estructura:

Se refiere a la disposición natural de las partículas cuando el suelo se encuentra in-situ e inalterado (como perfil estructural), o en cualquier grado de alteración. Los términos utilizados para describir la estructura indican las características de la disposición, la forma general y el tamaño de agregado, y en muchos casos puede indicar la consistencia de los agregados.

c. Forma de los Granos.

Es la descripción de las partículas que forman el suelo (arena o grava), de acuerdo a su redondez, angulosidad, en general de la forma del agregado.

d. Granulometría.

Una clasificación granulométrica visual, se establece desde el punto de vista del predominio de las partículas (grava, arena, limos, etc). La experiencia en el reconocimiento acerca más a la exactitud de la clasificación in-situ (visual), este debe ser reforzado con ensayos de laboratorio.

e. Plasticidad.

Consiste en rodar una muestra de suelo húmedo entre las palmas de las manos y estimar la tenacidad del cordón resultante. La tenacidad del cordón es un indicio de plasticidad del suelo. Cualquier suelo que puede ser rodado es plástico. La plasticidad alta está indicada por un cordón resistente; la plasticidad media está indicada por la resistencia media del cordón pero que se desmoronara después de haber alcanzado el límite plástico. La plasticidad baja está indicada por un cordón débil que no puede ser mantenido intacto bajo el estado plástico.

f. Ensayo al Acido.

Dejar caer una gota de ácido clorhídrico sobre un pedazo de suelo, si hay efervescencia hay carbonatos de calcio.

PROPIEDADES FISICO ~ MECANICO ATRAVES DE ENSAYOS DE LABORATORIO

La determinación de las propiedades físico mecánicas de los suelos a través de ensayos de laboratorio ayuda a identificar acertadamente las características de los suelos. A continuación, se describirá en forma breve los aspectos importantes de cada ensayo

a. Análisis Granulométrico

Principalmente se identifica a los suelos desde el punto de vista del tamaño de las partículas que la componen. Los ensayos de laboratorio están normados y expuestos en manuales de A.S.T.M. y A.A.S.H.TO., el ensayo granulométrico esta designado con A.S.T.M. y sus características resaltantes se exponen a continuación:

El ensayo es realizado de una muestra representativa de la zona o estrato a ser analizado, la misma que es lavada (Método por medio húmedo), para eliminar a través de la malla 200 todo material que pase esta malla. Cuando se ha terminado de efectuar la actividad anterior se deja secar la muestra en horno a una temperatura de 110° C, para luego ser tamizado y obtener los porcentajes de los retenidos en cada malla, anotando en los formatos correspondientes.

b. Constantes Físicas

Las propiedades físicas de los materiales a la presencia del agua son determinadas a través de los Ensayos de Constantes Física y principalmente a los de Límite Líquido y de Plasticidad, Ensayos Normados y que se encuentran designados con ASTM D-4318.

Lo que se quiere lograr con estos Ensayos es determinar los porcentajes de humedad de los suelos, que son propios para cada suelo, en las que pasen de una fase líquida (suelo totalmente saturado), a una plástica y sólida, es decir, la cantidad de agua que se necesita para romper las fuerzas de cohesión de un suelo (límite líquido) y el comportamiento plástico de un material (caso de límite plástico)

c. Clasificación de los Suelos

Los ensayos de Granulometría y constantes físicas sirven para clasificar de forma descriptiva y cualitativa el comportamiento de los suelos, para ello se identifica los suelos en grupos (grava, arena, finos) de acuerdo a sus características más sobresalientes. Las instituciones de investigación han concordado en utilizar símbolos para su reconocimiento los cuales han sido reconocidos en el ámbito mundial y actualmente utilizados en el país. Estos dos criterios, son conocidos en el medio como clasificación S.U.C.S. y A.A.S.H.T.O., utilizadas mayormente para identificar suelos con fines de cimentación y carreteras respectivamente.

d. Peso Específico de los Suelos

Este parámetro es importante si se quiere conocer las propiedades volumétricas y gravimétricas de los suelos, estos ensayos están normados con la designación de ASTM D-854-92 o AASHTO T 100-93 para determinar los pesos específicos del material pasante la malla N°4 para el retenido esta designado con ASTM C-127-88 o AASHTO 7-85-91; también utilizada para determinar la curva de saturación en el ensayo de Proctor Modificado.

e. Proctor Modificado

El ensayo es trascendental para determinar la máxima densidad que pueda alcanzar un suelo, parámetro de compactación obtenido en

laboratorio para ser comparadas con las que pueda presentar los suelos en obra. Este ensayo esta designado con el ASTM D-1557. La curva Densidad-Humedad proporciona el Optimo Contenido de Humedad (OCH), es decir la humedad a la cual el suelo tiene una Máxima Densidad Seca, dicha curva es efectuada para una variación de La información antes citada es esencial para el desarrollo de una base de datos computarizada que permita el manejo eficiente de la información. Esta base de datos es el punto central del sistema de administración y debe incluir, además información pertinente del diseño, materiales, clima, construcción y mantenimiento. Atraves de esta conjugación de datos y características se puede establecer modelos analíticos del comportamiento del pavimento. Los pavimentos son de dos tipos: vías pavimentadas y no pavimentadas; las vías pavimentadas se subdividen en flexibles y rígidas. Los pavimentos flexibles son los más conocidos y de mayor experiencia constructiva dentro del país. Normalmente el ingeniero de pavimentos no tiene a su disposición un método indiscutible o absoluto para seleccionar un tipo de pavimento para ciertas condiciones específicas; como quiera que sea el proceso de selección debería formar parte integral de un sistema de administración de pavimentos. La selección del tipo de pavimento no es una ciencia exacta; pero es tal que el ingeniero debe basar su decisión en una serie de factores que afectan el comportamiento de los pavimentos como son el tráfico, los suelos, el clima, materiales disponibles, condiciones de drenaje, técnicas de construcción y mantenimiento.

PROCESO DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS:

Cumplidos y observados los pasos previos al movimiento de tierra, se dará inicio a la labor de mover la tierra, según los requerimientos del proyecto. El objetivo del movimiento de tierra es generar una explanación adecuada para la obra. En nuestro país seguimos las especificaciones técnicas dadas por el ministerio de transporte y comunicaciones (2013), quienes describen a su vez, las fases fundamentales de todo movimiento de tierra:

Excavación/Arranque

La explanación en material homogéneo comprende los materiales formados principalmente por suelo orgánico, cenizas volcánicas, limos arcillas, gravas, combinaciones de las anteriores y en general por todos los suelos que puedan excavarse sin necesidad de explosivos, así mismo los bloques o bolas de rocas aislados con volumen menor de un metro cúbico; y en donde se hayan de construir los terraplenes de la carretera. Este trabajo consiste en el conjunto de actividades de excavar y remover, hasta el límite de acarreo libre (120 m), los materiales provenientes de los cortes requeridos para la explanación y préstamos, según los planos y secciones transversales del Proyecto o las instrucciones del Supervisor. Toda explanación deberá quedar conformada de acuerdo con las exigencias de los planos dentro de las tolerancias indicadas por las especificaciones respectivas. No se comenzará la explanación hasta tanto no se hayan aprobado los trabajos de limpieza, desmonte y en las áreas necesarias el descapote, además, se encuentran debidamente tomados los puntos topográficos en referencia para el control de medidas. Las tolerancias admisibles para la aceptación de la explanación serán las especificaciones en el proyecto.

Excavación para la explanación

El trabajo comprende el conjunto de actividades de excavación y nivelación de las zonas comprendidas dentro del prisma vial donde ha de fundarse la carretera, incluyendo taludes y cunetas; así como la escarificación, conformación y compactación a nivel de subrasante en zonas de corte. Incluye, además, las excavaciones necesarias para el ensanche o modificación del alineamiento horizontal o vertical de plataformas existentes.

Excavación Complementaria

El trabajo comprende las excavaciones necesarias para el drenaje en las labores de explanación, que pueden ser zanjas interceptoras y

acequias, así como el mejoramiento de obras similares existentes y de cauces naturales.

Excavación en zonas de préstamo

El trabajo comprende el conjunto de actividades para explotar los materiales adicionales a los volúmenes, provenientes de la excavación de la explanación de la carretera requeridos para la construcción de los terraplenes o pedraplenes, siempre y cuando éstos sean aptos para su caso.

Clasificación:

Excavación sin clasificar se refiere a los trabajos de excavación de cualquier material sin importar su naturaleza. No se admitirá ningún reajuste por clasificación, sea cual fuere la calidad del material encontrado.

Excavación clasificada

1. Excavación en roca fija: Comprende la excavación de masas de rocas mediana o fuertemente litificadas que, debido a su cementación y compactación, requieren el empleo sistemático de explosivos. Para iniciar los trabajos de Perforación y Voladuras de rocas se deberá presentar en primer lugar un procedimiento ejecutivo con carácter de obligatoriedad para ser aprobado por la supervisión, en el cual debe establecer los criterios de voladuras, las mallas de perforación; las cargas respectivas, los tipos de explosivos, los equipos a utilizar, etc. Considerando que se cumpla con los requerimientos ofrecidos en la propuesta técnico económica del contratista para realizar esta partida de voladura en roca. este procedimiento deberá estar en concordancia con el Estudio Geológico y Geotécnico que forma parte del estudio definitivo.

2. Excavación en roca fracturada (suelta): Comprende la excavación de masas de rocas fracturada cuyo grado de cementación requiere el uso de maquinaria con accesorios auxiliares (ripers u otros) y explosivos, de ser el caso, explosivos en pequeña magnitud. Comprende, también, la excavación, remoción y/o fragmentación de bloques con volumen

individual mayor de un metro cúbico (1 m^3), procedentes de macizos alterados o de masas transportadas por acción natural y que para su fragmentación requieran el uso de explosivos.

3. Excavación en material suelto: Comprende la excavación de materiales no considerados en la excavación en roca fija y fracturada o blanda, cuya remoción sólo requiere el empleo de maquinaria y/o mano de obra. En las excavaciones sin clasificar y clasificadas, se debe tener presente la ubicación de la napa freática (medición y registros) para evitar su contaminación y otros aspectos colaterales. Para los efectos de determinar el costo de ejecutar una excavación se establece otra clasificación, basada en la mayor o menor dureza del terreno, y que debe ser usada para la cubicación de los movimientos de tierra, pues de esta clasificación dependerán los medios necesarios para realizar la excavación. Ellas varían con la naturaleza del terreno, que desde este punto de vista, se pueden clasificar en: Excavación en terreno blando: Puede ser ejecutada valiéndose exclusivamente de la pala. El material del suelo puede ser de tipo arenoso, arcilloso o limoso, o una mezcla de estos materiales; también puede contener materiales de origen orgánico.

4. Excavación en terreno semiduro: Puede ser ejecutada valiéndose exclusivamente de picota. El material puede ser en tal caso una mezcla de grava, arena y arcilla, moderadamente consolidada, o bien una arcilla fuertemente consolidada.

5. Excavación en terreno duro: Puede ser ejecutada valiéndose exclusivamente del chuzo. El material puede ser una mezcla de grava, arena y arcilla, fuertemente consolidada.

6. Excavación en terreno muy duro: Puede ser ejecutada valiéndose necesariamente del uso de maquinaria especializada. El tipo de material puede ser una roca semi descompuesta.

7. Excavación en roca: La que precisa para su ejecución del uso de explosivos. El material puede estar constituido por un manto de roca, o por piedras de gran tamaño, que no pueden ser removidas mediante el uso de maquinaria.

MATERIALES:

Los materiales provenientes de excavación para la explanación se utilizarán, si reúnen las calidades exigidas, en la construcción de las obras de acuerdo con los usos fijados en el Proyecto o determinados por el Supervisor.

No se podrá desechar materiales ni retirarlos para fines distintos a los del proyecto, sin la autorización previa del supervisor a cargo.

Los materiales provenientes de la excavación que presenten buenas características para uso en la construcción de la vía, serán reservados para utilizarlos posteriormente.

Los materiales de excavación que no sean utilizables serán eliminados como materiales excedentes y colocados en los Depósitos de Materiales excedentes (DME).

Los materiales excedentes serán transportados humedecidos y cubiertos con lona para evitar la emisión de polvo y derrames.

El depósito temporal de los materiales no deberá interrumpir vías o zonas de acceso peatonal y vehicular.

Los materiales adicionales que se requieran para las obras, se extraerán de las zonas de préstamo aprobadas por el supervisor y deberán cumplir con las características establecidas en las especificaciones correspondientes.

EQUIPOS:

Se considerarán por medio del supervisor encargado, los equipos más adecuados para las operaciones por realizar, los cuales no deben producir daños innecesarios ni a las construcciones ni a los cultivos; y garantizarán el avance físico de ejecución, según el programa de trabajo, que permita el desarrollo de las etapas constructivas siguientes. Los equipos de excavación deberán disponer de sistemas de silenciadores. Cuando se trabaje cerca a zonas ambientalmente sensibles, tales como colegios, hospitales, mercados y otros que considere el Supervisor, aunado a los especificados en el Estudio de Impacto Ambiental, los trabajos se harán

manualmente si es que los niveles de ruido sobrepasan los niveles máximos recomendados.

2.2.8 Requerimientos de la construcción

Antes de iniciar las excavaciones se requiere la aprobación, por parte del Supervisor, de los trabajos de topografía, desbroce, limpieza y demoliciones, así como los de remoción de especies vegetales, cercas de alambre y de instalaciones de servicios que interfieran con los trabajos a ejecutar. Las obras de excavación deberán avanzar en forma coordinada con las de drenaje del Proyecto, tales como alcantarillas, desagües, alivios de cunetas y construcción de filtros.

Además, se debe garantizar el correcto funcionamiento del drenaje y controlar fenómenos de erosión e inestabilidad. La secuencia de todas las operaciones de excavación debe ser tal, que asegure la utilización de todos los materiales aptos y necesarios para la construcción de las obras señaladas en los planos del Proyecto o indicadas por el Supervisor.

La excavación de la explanación se debe ejecutar de acuerdo con las secciones transversales del Proyecto o las instrucciones del Supervisor. Toda sobreexcavación que se haga por error o por conveniencia ajena a los proyectos ya establecidos para la operación de sus equipos, correrá por cuenta, costo y riesgo externos al trabajo propuesto y el Supervisor podrá suspenderla, si lo estima necesario, por razones técnicas o económicas. Cuando la altura del talud de corte sea mayor de 7 m (en suelos), o de diez metros (10 m en rocas), o según lo especifique el Proyecto, y la calidad del material por excavar lo exija, deberán construirse banquetas de corte con pendiente hacia el interior del talud a una cuneta que debe recoger y encauzar las aguas superficiales hacia áreas donde el talud no sea afectado. El ancho mínimo de la terraza deberá permitir la operación normal de los equipos de construcción. La pendiente longitudinal de las banquetas y su dimensionamiento deberá especificarse en el Proyecto o seguir las indicaciones del Supervisor. Al alcanzar el nivel de la subrasante en la excavación de material suelto, se deberá

escarificar una profundidad mínima de 15 cm, conformar de acuerdo con las pendientes transversales especificadas y compactar, según las exigencias de compactación definidas. Si los suelos encontrados a nivel de subrasante están constituidos por suelos inestables, el Supervisor ordenará las modificaciones que corresponden a las instrucciones del párrafo anterior, con el fin de asegurar la estabilidad de la subrasante.

En caso de que al nivel de la subrasante se haya determinado la existencia de propiedades físicas propias de suelos expansivos, se priorizará su estabilización o se determinara de acuerdo a las especificaciones correspondientes, en caso que los documentos del Proyecto o el Supervisor determinen su reemplazo, la profundidad de la excavación se determinará en base a un análisis de esfuerzos y deformaciones para las condiciones existentes de los materiales que conformarán la plataforma vial y del terreno de fundación. Los materiales de reemplazo deberán cumplir con las características definidas en el reglamento. Las cunetas y bermas deben construirse de acuerdo con las secciones, pendientes transversales y cotas especificadas en el Proyecto o las instrucciones del Supervisor.

Para las excavaciones en roca, los procedimientos, tipos y cantidades de explosivos y equipos que se usen, deberán estar aprobados previamente por el Supervisor; así como la secuencia y disposición de las voladuras, las cuales se deberán proyectar en tal forma que sea mínimo su efecto fuera de los taludes proyectados. Se deberá garantizar la dirección y ejecución de las excavaciones en roca. Toda excavación en roca será hasta 15 cm por debajo de las cotas de subrasante, dicha área allanada y libre de puntas de roca, se deberá rellenar, conformar y compactar con material seleccionado proveniente de las excavaciones o con material de subbase granular, según lo determine el Supervisor. La superficie final de la excavación en roca deberá encontrarse libre de cavidades que permitan la retención de agua y tendrá, además, pendientes transversales y longitudinales que garanticen el correcto drenaje superficial.

TALUDES:

La excavación de los taludes se realizará adecuadamente para no dañar su superficie final, evitar la descompresión prematura o excesiva de su pie y contrarrestar cualquier otra causa que pueda comprometer la estabilidad del talud de corte final. Los trabajos de excavación de taludes sean en cualesquiera de los materiales clasificados se debe ajustar a las consideraciones técnicas (Geología y Geotecnia) contenidas en el Proyecto en especial a los taludes considerados en los sectores críticos, cualquier modificación al respecto deberá ser coordinada con el Supervisor de la Obra si este lo considere pertinente.

Se deberá comunicar con suficiente anticipación a la Supervisión el comienzo de cualquier excavación, y el sistema de ejecución previsto, para obtener la aprobación del proceso constructivo. Cuando los taludes excavados, tienen más de 7 m, debido a que implica un riesgo potencial para la integridad física de los usuarios de la carretera, y se presenten síntomas de inestabilidad, se deberán hacer terrazas o banquetas de corte y realizar labores de sembrado de vegetación típica en la zona afectada para evitar la erosión, ocurrencia de derrumbes, o deslizamientos que puedan interrumpir las labores de obra, así como la interrupción del tránsito en la etapa operativa, para evitar aumentar los costos de mantenimiento. En los lugares que se estime conveniente, se deberán construir muros de contención. Se deberá realizar una inspección adecuada antes de realizar la excavación de los taludes, considerando la presencia de terrenos de sembríos, canales de regadíos, tomas de agua, diques y/o cualquier almacenamiento de agua en las zonas del talud superior; y de acuerdo a esta evaluación empezar a realizar los trabajos respectivos. Por ningún motivo se iniciara los trabajos, si no ha establecido estas zonas debido a que podría generarse una nueva distribución de los flujos de las aguas y generar deslizamientos en las zonas de excavación. En el caso de que encuentre agua en los taludes de corte realizados, se deberá establecer inmediatamente un plan de contingencia para su control o derivación antes de continuar con los

trabajos de estabilización del talud, en caso contrario podría causar una inestabilidad operativa. Todos estos trabajos deberán realizarse con la aprobación de la Supervisión del ingeniero de obras. Cuando sea preciso adoptar medidas especiales para la protección superficial del talud, tales como plantaciones superficiales, revestimientos, etc., previstas en el Proyecto u ordenadas por el Supervisor, estos trabajos deberán realizarse inmediatamente después de la excavación del talud. En el caso que los taludes presenten deterioro antes del recibo definitivo de las obras, se deberá eliminar los materiales desprendidos o movidos y realizar las correcciones complementarias ordenadas por el Supervisor. Si dicho deterioro es imputable a una mala ejecución de las excavaciones, generara una responsabilidad de daños ocasionados y, por lo tanto, las correcciones se efectuarán a su cuenta, costo y riesgo, de quien le compete.

EXCAVACIÓN COMPLEMENTARIA:

La construcción de zanjas de drenaje, zanjas interceptoras y acequias, así como el mejoramiento de obras similares y cauces naturales deberá efectuarse de acuerdo con los alineamientos, secciones y cotas indicados en el proyecto o aprobados por el supervisor. Toda desviación de las cotas y secciones especificadas, especialmente si causa estancamiento del agua o erosión, deberá ser subsanada por el responsable y aprobada por el Supervisor.

CARGUE / TRANSPORTE Y DISPOSICION DEL MATERIAL SOBRENTE

Proceso mediante el cual se inicia el movimiento y desplazamiento de material de un lugar a otro mediante el uso de equipos que realizaran las funciones de carga o llenado de tolvas mediante cucharas o palas de carga. La maquinaria de movimiento de tierras es un tipo de equipo empleado en la construcción de caminos (carreteras o caminos rurales), ferrocarriles, túneles, aeropuertos, obras hidráulicas, y edificaciones. Está diseñada para llevar a cabo varias funciones, entre ellas: soltar y remover

la tierra, elevar y cargar la tierra en vehículos que han de transportarla, distribuir la tierra en tongadas de espesor controlado, y compactar la tierra. Algunas máquinas pueden efectuar más de una de estas operaciones.

Todos los materiales provenientes de las excavaciones de la explanación que sean utilizables y, según el Proyecto, estas especificaciones o aprobadas por el Supervisor, necesarios para la construcción o protección de terraplenes, pedraplenes u otras partes de las obras proyectadas, se deberán utilizar en ellos. No se puede disponer de los materiales provenientes de las excavaciones ni retirarlos para fines distintos al proyecto, sin autorización previa del supervisor. Los materiales provenientes de la remoción de capa vegetal, deberán almacenarse para su uso posterior en sitios accesibles, y de manera aceptable para el Supervisor; estos materiales se deberán usar preferentemente para el recubrimiento de los taludes de los terraplenes terminados, áreas de canteras explotadas y niveladas o donde lo disponga el proyecto o el Supervisor. Los materiales sobrantes de la excavación deberán ser colocados en los DME indicados en el Proyecto, de acuerdo con las instrucciones del Supervisor y en zonas aprobadas por éste, se usarán para el tendido de los taludes de terraplenes o para emparejar las zonas laterales de la vía y de las canteras. Se dispondrán en tal forma que no ocasionen ningún perjuicio al drenaje de la carretera o a los terrenos que ocupen, a la visibilidad en la vía ni a la estabilidad de los taludes o del terreno al lado y debajo de la carretera. Todos los materiales sobrantes se deberán extender y emparejar de tal modo que permitan el drenaje de las aguas alejándolas de la vía, sin estancamiento y sin causar erosión, y se deberán conformar para presentar una buena apariencia. Los materiales aprovechables de las excavaciones de zanjas, acequias y similares, se deberán utilizar en los terraplenes del Proyecto, extender o acordonar a lo largo de los cauces excavados, o disponer según lo determine y apruebe el supervisor.

Excavación en zonas de préstamo:

Los materiales adicionales que se requieran para la terminación de las obras proyectadas o indicadas por el ingeniero de obra, se obtendrán mediante el ensanche adecuado de las excavaciones del Proyecto o de zonas de préstamo establecidas y/o previamente aprobadas. Para la excavación en zonas de préstamo se debe verificar que no se hayan producido desestabilizaciones en las áreas de corte que produzcan derrumbes y que pongan en peligro al personal de obra. Los cortes de gran altura se harán con aprobación del Supervisor. Si se utilizan materiales de las playas del río, el nivel de extracción debe estar sobre el nivel del curso de las aguas para que las maquinarias no remuevan material que afecte el ecosistema acuático, debiendo ceñirse a lo dispuesto a la Ley N° 28221, Ley que Regula el Derecho por Extracción de Materiales de los Álveos o Cauces de los Ríos por las Municipalidades. En la excavación de préstamos se seguirá todo lo pertinente a los procedimientos de ejecución de las excavaciones de la explanación y complementarios.

Hallazgos arqueológicos, paleontológicos y sitios históricos:

En caso de algún descubrimiento de restos arqueológicos, sitios de asentamientos humanos antiguos o de época colonial, reliquias, fósiles u otros objetos de interés histórico arqueológico y paleontológico durante la ejecución de las obras, estos deberán seguir el proceso correspondiente de acuerdo a las normas establecidas por el reglamento de construcciones de carreteras.

El manejo del agua superficial cuando se estén efectuando las excavaciones, se deberá tener cuidado para que no se presenten depresiones, hundimientos y acordonamientos de material que afecten el normal escurrimiento de las aguas superficiales en los trabajos de excavación, no deben alterarse los cursos de aguas superficiales, para lo cual mediante obras hidráulicas se debe encauzar, reducir la velocidad del agua y disminuir la distancia que tiene que recorrer.

Estas labores traerán beneficios en la conservación del medio ambiente y disminución en los costos de mantenimiento, así como evitará retrasos en la obra.

Consideraciones:

Al terminar los trabajos de excavaciones, se deberá limpiar y conformar las zonas laterales de la vía, las de préstamo y las de disposición de sobrantes, de acuerdo con las indicaciones del supervisor. Así mismo deberá mantener las referencias topográficas, sin alterarlas y hacer un marcado especial para limitar las áreas de trabajo.

Aceptación de los trabajos:

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- ✓ Verificar que se disponga de todos los permisos requeridos para la ejecución de los trabajos.
- ✓ Comprobar el estado y funcionamiento del equipo utilizado.
- ✓ Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos adoptados.
- ✓ Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- ✓ Verificar el alineamiento, perfil y sección de las áreas excavadas.
- ✓ Comprobar que toda superficie para base de terraplén o subrasante mejorada quede limpia y libre de materia
- ✓ Verificar la compactación de la subrasante.
- ✓ Medir los volúmenes de trabajo ejecutados de acuerdo a los documentos aprobados del Proyecto.

El trabajo de excavación se dará por terminado y aceptado cuando el alineamiento, el perfil, la sección y la compactación de la sub-rasante estén de acuerdo con los planos del Proyecto, con éstas especificaciones y las instrucciones del Supervisor.

La cota de cualquier punto de la subrasante conformada y terminada no deberá variar en más de 10 mm con respecto a la cota proyectada. Las

cotas de fondo de las cunetas, zanjas y canales no deberán diferir en más de 15 mm de las proyectadas.

Las secciones transversales ejecutadas serán debidamente medidas y registradas.

El Supervisor verificará estos registros y si los encontrase correctos aprobará las mediciones.

No se pagarán las excavaciones efectuadas en exceso al de las secciones transversales aprobadas. Dichas sobre excavaciones serán rellenadas como lo ordene el Supervisor, con material de sub-base o de base granular.

Para proceder con las cargas, se necesita como ya se mencionó una determinada maquinaria equipada, que permita el transporte de los materiales o cargas pesadas a distancias mínimas, dirigiéndose a los vertederos o lugares adecuados para su posterior utilización y/o manejo.

EXTENDIDO:

El espesor de las tongadas de extendido en los terraplenes, pedraplenes y presas de materiales sueltos dependen de las posibilidades de compactación.

En el caso de extendido de las capas de firme como los espesores son fijos, normalmente se extienden el espesor completo, debiéndose comprobar que la extendidora es capaz de proporcionar los espesores necesarios y el compactador las densidades exigidas.

Durante la ejecución de la obra, la superficie de las tongadas deberá tener la pendiente transversal necesaria, en general en torno al 4%, para asegurar la evacuación de las aguas sin peligro de erosión y evitar la concentración de vertidos.

En rellenos de más de 5 metros de altura, y en todos aquellos casos en que sea previsible una fuerte erosión de la superficie exterior del relleno, se procederá a la construcción de caballones de tierra en los bordes de las tongas que, ayudados por la correspondiente pendiente longitudinal, lleve las aguas hasta bajante dispuesta para controlar las aguas de escorrentía.

TERRAPLENES:

Consiste en la construcción de llenos con materiales extraídos de la excavación, “de zonas de préstamo y de las explanaciones, de acuerdo con los alineamientos, pendiente, perfiles transversales, dimensiones indicadas en los planos y en la libreta de topografía. Los materiales para terraplenes y rellenos no podrán contener desperdicios como raíces, césped y otros materiales parecidos, o en cualquier caso, orgánicos.

Antes de proceder a la colocación de los materiales para terraplenes se deberá haber efectuado el trabajo de desmonte o descapote.

Toda la superficie de suelo existente sobre la cual se ha de colocar el terraplén deberá ser escarificado de manera que el suelo que se usará como material para llenar se ligue bien con la superficie existente.

El fondo del suelo sobre el que se hará el terraplén debe ser conformado de tal manera que asegure que no se forme una superficie de falla entre el terreno natural y el lleno.”

En superficies de alguna importancia se deben conformar escalas y llaves que aseguren la estabilidad del lleno. Si el material del suelo natural está muy suelto, “se debe hacer una compactación antes de iniciar el lleno.

El material para construir el terraplén deberá colocarse en capas horizontales sucesivas del espesor máximo indicado en las normas.

Deberán humedecerse u orearse hasta lograr el contenido de humedad adecuado y uniforme para obtener las densidades de compactación especificadas de acuerdo con las características del material y del proyecto.

Estas capas de beránsen construidas con pendientes suficientes para permitir en todo momento el escurrimiento de las aguas superficiales.

Al ensanchar un terraplén existente deberá cortarse previamente el talud de dicho terraplén en forma escalonada en un ancho previamente definido.

Cuando se deban construir terraplenes a través de terreno pantanoso que soportaría el paso de camiones y otros, la parte inferior del terraplén deberá tratarse mediante el retiro de material inadecuado, construcción

de filtros y refuerzo de la capacidad portante con geotextil, o atendiendo las especificaciones aprobadas.

Las tolerancias admisibles para la aceptación de la aceptación de los terraplenes serán de acuerdo a las especificaciones del proyecto. Las tolerancias admisibles para la aceptación de la explanación serán las especificadas, teniendo en cuenta las cotas de cualquier punto de la subrasante, la distancia desde el eje del proyecto y el borde superior del terraplén y la compactación de cada una de las capas del terraplén. Cualquier tipo de tierra mineral o de roca se puede utilizar para el terraplén, pero la arcilla y el limo son generalmente malos. Se ablandan cuando se mojan, cambiando con frecuencia el volumen. Pueden actuar como mechas para elevar el agua a la superficie. El humus debe evitarse, igualmente que la tierra vegetal, que es una mezcla de suelo mineral y de humus. La arena y la grava suelta y limpia tienen una excelente resistencia, pero proporcionan una mala tracción, son difíciles de compactar y deben mezclarse con otros materiales. Los mejores terraplenes son mezclas de dos o más de los tipos de materiales sencillos. La arena y la grava son mejores cuando están mezclados con suficiente arcilla limo para que les sirva de cementante. Los suelos ligeros con un elevado porcentaje de arena o grava son buenos cuando el trabajo debe hacerse en lugares o en estaciones lluviosas, absorben y drenan grandes cantidades de agua y no se hacen resbalosas con facilidad.

El agua contenida en los suelos determina en gran parte su comportamiento en un terraplén. Cada suelo se compacta mejor cuando su proporción de agua es la óptima. Con menos agua los granos quedan en libertad para moverse entre sí, con más, el suelo puede deformarse o deslizarse bajo el efecto de las lesiones.

Un suelo que contiene mucha agua puede presentar características elásticas, baja con el peso de las aplanadoras y cuando han pasado vuelve a subir a su posición original. Un suelo puede contener el agua necesaria para su mejor compactación y aparecer bastante seco. Cuando se aprietan los granos juntándolos, las películas de agua intersticiales se desalojan tendiendo a salir hacia la superficie mojándola. Este proceso

puede tener efectos acumulativos cuando son varias las capas de que está formado el terraplén. Los suelos elásticos se compactan algo bajo el efecto de las aplanadoras.

En la operación se calienta el terreno y se expulsa el agua hacia arriba, con lo que se acelera el secado. Si el suelo está muy seco, se moja con carro tanque cuando se está extendiendo y aplanando. La tierra vegetal se ha empujado bastante atrás, es posible conformar el material del relleno al mismo tiempo que se empuja hacia afuera del sótano, o inmediatamente después.

Ordinariamente es más fácil extender varios montones pequeños que uno grande, por lo que es prudente suspender la excavación ocasionalmente y extender los montones que se hayan formado con un bulldózer que es el equipo idóneo. Si la excavadora contiene agua, el material excavado podrá estar muy lodoso para extenderlo luego por lo que debe procurarse que la excavación esté correctamente ordenada. Las capas se colocan en espesor es entre 15 y 25 cm, según las especificaciones y son compactadas inmediatamente. Es conveniente que los terraplenes queden bien unidos a la superficie sobre la que descansan para evitar la formación de zonas saturadas, canales de agua y posiblemente el abatimiento de los taludes. Esto se puede lograr generalmente quitando la vegetación, la capa vegetal y arando surcos en dirección transversal al talud del terreno. Cuando el área que se va a terraplenar está mojada, irregular o que de alguna manera impida el paso de la maquinaria, la primera capa se construye descargando la carga de los camiones de volteo en el terreno y emparejando el material con bulldócer hasta una altura que sea cuando menos suficiente para soportar las unidades de acarreo sobre los lugares blandos o sobre los obstáculos. Después de que se ha formado un piso transitable, el resto de las capas se forma por medio de camiones, traíllas o cualquier otro tipo de acarreo. Si la superficie es irregular pero transitable, se pueden rellenar los lugares bajos con capas compactadas o quitar las salientes, antes de colocar la parte principal del terraplén. El manejo y

compactación del material de relleno se dificulta con la presencia de piedras sueltas. Las rocas, aun las de tamaño pequeño, interfieren con la conformación. Si su diámetro es mayor que el que va a tener la capa de terraplén, sobresaldrán arriba, entonces puede hacerse necesario el tamizado del material proveniente de la excavación.

COMPACTACION:

La compactación es el procedimiento de aplicar energía al suelo suelto para eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y en consecuencia, su capacidad de soporte y estabilidad entre otras propiedades.

Su objetivo es el mejoramiento de las propiedades de ingeniería del suelo. La compactación de suelos es el proceso artificial por el cual las partículas de suelo son obligadas a estar más en contacto las unas con las otras, mediante una reducción del índice de vacíos, empleando medios mecánicos, lo cual se traduce en un mejoramiento de sus propiedades ingenieriles.

La importancia de la compactación de suelos estriba en el aumento de la resistencia y disminución de la capacidad de deformación que se obtiene al someter el suelo a técnicas convenientes, que aumentan el peso específico seco, disminuyendo sus vacíos.

Por lo general, las técnicas de compactación se aplican a rellenos artificiales tales como cortinas de presas de tierra, diques, terraplenes para caminos y ferrocarriles, bordes de defensas, muelles, pavimentos, etc.

Luego de la ejecución de los rellenos con todos los procedimientos propios del mismo, debe procederse a la compactación de éste.

Para esta operación, deberá controlarse previamente el contenido de humedad, que debe corresponder a la humedad óptima que determine el laboratorio.

El material deberá ser compactado con el grado que fije el laboratorio, de acuerdo al ensaye Proctor modificado y para cumplir con este requisito deben tenerse en consideración los siguientes factores:

- ✓ Espesor de la capa de material suelto que se compacta.
- ✓ Presión ejercida por el rodillo o pisón sobre el terreno.
- ✓ Número de pasadas del rodillo o golpes de pisón, necesarios para obtener el grado de compactación establecido.
- ✓ Humedad en el momento de la operación.

BENEFICIOS DE LA COMPACTACIÓN:

- ✓ Aumenta la capacidad para soportar cargas: Los vacíos producen debilidad del suelo e incapacidad para soportar cargas pesadas. Estando apretadas todas las partículas, el suelo puede soportar cargas mayores debido a que las partículas se comprimen.
- ✓ Impide el hundimiento del suelo: Si la estructura se construye en el suelo sin afirmar o afirmado con desigualdad, el suelo se hunde dando lugar a que la estructura se deforme produciendo grietas o un derrumbe total.
- ✓ Reduce el escurrimiento del agua: Un suelo compactado reduce la penetración de agua. El agua fluye y el drenaje puede entonces regularse.
- ✓ Reduce el esponjamiento y la contracción del suelo: Si hay vacíos, el agua puede penetrar en el suelo y llenar estos vacíos. El resultado sería el esponjamiento del suelo durante la estación de lluvias y la contracción del mismo durante la estación seca.
- ✓ Impide los daños de las heladas: El agua se expande y aumenta el volumen al congelarse. Esta acción a menudo causa que el pavimento se hinche, y a la vez, las paredes y losas del piso se agrieten. La compactación reduce estas cavidades de agua en el suelo.



Figura 2.2-5 Utilización de la compactadora



Figura 2.2-6 Utilización de un rodillo para compactación del terreno

Todos los terrenos al ser excavados sufren un aumento de volumen. Este aumento de volumen, expresado en porcentaje del volumen en sitio, se llama esponjamiento.

ESPONJAMIENTO Y FACTOR DE ESPONJAMIENTO:

Al excavar el material en banco, este resulta removido con lo que se provoca un aumento de volumen, a ello es la denominación de esponjamiento (Swell Factor), a la relación de volúmenes antes y después de la excavación. Si el material se emplea como relleno, puede en general, recuperar su volumen e incluso puede reducirse (*volumen compactado*). Para la cubicación del material de la excavación, se considera su volumen antes de ser excavado (en banco); en ningún caso el volumen

transportado, que es mayor debido al esponjamiento. La compactación en obras se realiza sobre capas de material, previamente extendido que se conoce como el nombre de tongadas.

El efecto de la compactación sobre la tongada se refleja exclusivamente en la disminución de altura, puesto que sus dimensiones horizontales apenas varían.

Por lo anterior queda claro que el cambio de volumen del material está fielmente reflejado en el cambio de altura de la tongada.

COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE EN ZONAS DE EXCAVACIÓN:

Una vez terminados los trabajos de excavación se procederá a efectuar el escarificado de la subrasante en las zonas de corte, hasta una profundidad de 15 cm por debajo del nivel de subrasante de replanteo, y se procederá a eliminar las piedras mayores de 3" de diámetro previo a la conformación (riego y batido), perfilado y compactado. Se suministrará y usará las plantillas, para el control de anchos y cotas. La cota de cualquier punto de la subrasante perfilada no deberá variar en más de 10 mm con respecto a la cota de replanteo aprobada. La compactación de la subrasante, se verificará de acuerdo con los siguientes criterios: La densidad de la subrasante compactada se definirá sobre un mínimo de 6 determinaciones, en sitios elegidos al azar con una frecuencia de una, cada 250 m² de plataforma terminada y compactada. Las densidades individuales del lote (D_i) deben ser, como mínimo, el 95% de la máxima densidad en el ensayo Proctor Modificado de referencia (D_e).

$$D_i > 0.95 D_e$$

D_i : Densidades individuales

D_e : Máxima densidad en el ensayo Proctor Modificado

ENSAYO DE DEFLECTOMETRÍA SOBRE LA SUBRASANTE TERMINADA:

Se requiere un estricto control de calidad tanto de los materiales como de los equipos, procedimientos constructivos y en general de todos los elementos involucrados en la puesta en obra de la subrasante.

De dicho control forma parte la medición de las deflexiones que se menciona a continuación. Una vez terminada la explanación se hará reflectometría cada 25 metros en ambos sentidos, es decir, en cada uno de los carriles, mediante el empleo de Viga Benkelman, FWD o cualquier equipo de alta confiabilidad, antes de cubrir la subrasante con la subbase o con la base granular.

Se analizará la deformada o curvatura de la deflexión obtenida de acuerdo al procedimiento del dispositivo utilizado (en el caso del FWD de por lo menos tres mediciones por punto).

Los puntos de medición estarán georeferenciados con el estacado del Proyecto, de tal manera que exista una coincidencia con relación a las mediciones que se efectúen a nivel de carpeta.

Un propósito específico de la medición de deflexiones sobre la subrasante, es la determinación del módulo resilientes de la capa, con la finalidad de detectar problemas puntuales de baja resistencia por módulos resilientes inferiores al de diseño, que puedan presentarse durante el proceso constructivo, su análisis y la oportuna aplicación de los correctivos a que hubiere lugar.

Se deberá cumplir con lo indicado, para la protección del equipo de trabajo y el control de tránsito. Para el caso de la Viga Benkelman se deberá de proveer un volquete operado con las siguientes características:

- ✓ Clasificación del vehículo: C2
- ✓ Peso con carga en el eje posterior: 82 km (8.200 kg)
- ✓ Llantas del eje posterior: dimensión 10x20, 12 lonas. Presión de inflado: 0,56 MPa o 80 psi. Excelente estado.

El vehículo estará a disposición hasta que sean concluidas todas las evaluaciones de deflectometría.

Se garantizará que el radio de curvatura de la deformada de la Subrasante que determine en obra sea preciso, para lo cual hará la provisión del equipo idóneo para la medición de las deflexiones.

Así mismo, para la ejecución de los ensayos deflectométricos, se determinará la provisión del personal técnico, papelería, equipo de viga Benkelman doble o simples, equipo FWD u otro aprobado por la Supervisión, acompañante y en general, de todos los elementos que sean requeridos para llevar a efecto satisfactoriamente los trabajos antes descritos.

Los ensayos de deflectometría serán también realizados con las mismas condiciones y exigencias en las subrasantes terminadas en secciones en terraplén.

De cada tramo completamente terminado que se entregue a la Supervisión, para su aprobación, deberá contar con el envío de un documento técnico con la información de deflectometría, procesada y analizada.

La Supervisión tendrá 24 horas hábiles para aprobar los ensayos presentados y de ser el caso, dictará las medidas correctivas que sean necesarias.

Se requiere realizar el procedimiento indicado, para colocar la capa estructural siguiente.

MEDICIÓN:

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al metro cúbico completo, de material excavado en su posición original.

Todas las excavaciones para explanaciones, zanjas, acequias y préstamos serán medidas por volumen ejecutado, con base en las áreas de corte de las secciones transversales del Proyecto, original o modificado, verificadas por el Supervisor antes y después de ejecutarse el trabajo de excavación y según normas técnicas.

No se medirán las excavaciones que se haya efectuado por error o por conveniencia fuera de las líneas del Proyecto o las autorizadas por el Supervisor.

Si dicha sobreexcavación se efectúa en la subrasante o en una calzada existente, se deberá rellenar y compactar los respectivos espacios, por los involucrados, a su cuenta, costo y riesgo, y usando materiales y procedimientos aceptados por el Supervisor.

En las zonas de préstamo, solamente se medirán en su posición original los materiales aprovechables y utilizados en la construcción de terraplenes y pedraplenes; alternativamente, se podrá establecer la medición de los volúmenes de materiales de préstamo utilizados, en su posición final en la vía, reduciéndolos a su posición original mediante relación de densidades determinadas por el Supervisor.

No se medirán ni se autorizarán costos para los volúmenes de material removido de derrumbes, durante los trabajos de excavación de taludes, cuando a juicio del Supervisor fueren causados por procedimientos inadecuados o error.

PAGO:

El trabajo de excavación se pagará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con el Proyecto o las instrucciones del Supervisor, para la respectiva clase de excavación ejecutada satisfactoriamente y aceptada por éste. Deberá cubrir, además los costos de conformación de la subrasante, su compactación en todo tipo de terreno, la limpieza final, conformación de las zonas laterales y las de préstamo y disposición de sobrantes; los costos de perforación en roca, pre cortes, explosivos y voladuras; la excavación de acequias, zanjas, obras similares y el mejoramiento de esas mismas obras o de cauces naturales.

Se deberá considerar, en relación con los explosivos, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio de utilización. En las zonas del Proyecto donde se deba realizar trabajo de remoción de la capa vegetal, el precio unitario deberá cubrir el almacenamiento de los materiales necesarios para las obras; y cuando ellos se acordonan a lo largo de futuros terraplenes, su posterior traslado y extensión sobre los taludes de éstos,

así como el traslado y extensión sobre los taludes de los cortes donde esté proyectada su utilización. Si el material excavado es roca, el precio unitario deberá cubrir su eventual almacenamiento para uso posterior, en las cantidades y sitios señalados por el Supervisor. En los Proyectos de ensanche o modificación del alineamiento de plataformas existentes, donde debe garantizarse la seguridad y mantenimiento del tránsito, se deberá considerar en su precio unitario todo lo que se especifica en las normas.

El precio unitario para excavación de préstamos deberá cubrir todos los costos de limpieza y remoción de capa vegetal de las zonas de préstamo, la excavación y los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación y de alquiler de las fuentes de materiales de préstamo, según corresponda. No habrá pago por las excavaciones y disposición o desecho de los materiales no utilizados en las zonas de préstamo, pero es una obligación de los responsables, dejar el área bien conformada o restaurada de acuerdo al Plan de Manejo Ambiental. El transporte de los materiales provenientes de excedentes de la excavación se medirá y pagará de acuerdo a lo establecido.

2.2.9 CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL MÉTODO SUCS Y POR EL MÉTODO AASHTO.

Los diferentes tipos de suelos son definidos por el tamaño de las partículas. Son frecuentemente encontrados en combinación de dos o más tipos de suelos diferentes, como, por ejemplo: arenas, gravas, limo, arcillas y limo arcilloso, etc. La determinación del rango de tamaño de las partículas (gradación) es según la estabilidad del tipo de ensayos para la determinación de los límites de consistencia. Uno de los más usuales sistemas de clasificación de suelos es el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el cual clasifica al suelo en 15 grupos identificados por nombre y por términos simbólicos.

2.2.10 Métodos AASHTO

El método AASHTO para diseño de pavimentos flexibles publicada en 1993 incluye importantes modificaciones dirigidas a mejorar la confiabilidad del método, incorpora nuevos criterios y técnicas de ensayos. Algunas modificaciones hacen difícil su aplicabilidad al no contarse con la instrumentación (equipo de laboratorio) necesaria para el desarrollo de los ensayos. Desde la publicación de la primera guía AASHTO en 1961, se han efectuado modificaciones en la ecuación de diseño con la finalidad de mejorar su uso y su confiabilidad.

Estas modificaciones (de forma en su mayoría) han mejorado aspectos deficientes de las primeras versiones, como es el caso del factor Regional (R), el cual generó largas y polémicas discusiones. La guía de 1993 ha sido adicionalmente expandida, considerando 14 nuevos aspectos.

A continuación, se enumeran los que se aplican al diseño de pavimentos flexibles:

W18 = Numero esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 Tn en el periodo de diseño.

Z.r = Desviación estándar del error combinado en la predicción el tráfico y comportamiento estructural.

P.S.I. = Diferencia entre la serviciabilidad inicial (Po) y final (Pt).

M.r = Modulo Resilente de la sub rasante (psi)

S.N = Numero estructural, indicador de la capacidad estructural requerida (materiales y espesores).

S.N: $a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$

Donde:

a.1 = Coeficiente estructural de la capa

D.i = Espesor de la capa i (metros)

m.i = Coeficiente de drenaje de la capa granular i

La determinación del valor de Soporte de la Sub Rasante (Mr) como parámetro de diseño es muy importante y debe ser caracterizado en función del Módulo Resilente (M.r) del suelo de fundación determinado según el ensayo A.A.S.H.T.O. T.- 2.7.4.

El Mr es una medida de la propiedad elástica de los suelos, reconociendo sus características no lineales y fue seleccionado para definir el valor soporte debido a las siguientes razones:

1. Es un buen indicador de las propiedades básicas de los materiales y puede ser utilizado en sistemas de análisis multicapas.
2. Ha sido usado internacionalmente para caracterizar materiales en pavimento
3. Puede ser estimado mediante ensayos no destructivos.

La guía A.A.S.H.T.O. reconoce que muchas agencias no poseen los equipos para determinar el Mr y propone el uso de la conocida correlación con el CBR.

$$\text{Mr. (psi.)} = 1500 \times \text{C.B.R.}$$

Mr. = Modulo de resiliencia

C.B.R. = Resistencia de compresión

Esta relación fue desarrollada en base a resultados variables entre 750 y 3000 veces el C.B.R, considera adecuada para suelos finos con C.B.R. menores a 10%. La guía establece el procedimiento para definir el valor soporte efectivo de la sub-rasante basado en el Mr que el suelo presenta durante las distintas condiciones climáticas del año. En forma resumida presentamos el procedimiento sugerido por la A.A.S.H.T.O. para determinar un valor de diseño:

- a) Dividir el año en periodos climáticos (meses o quincenas)
- b) Determinar el Mr del suelo para cada periodo, lo que es en función principal del contenido de humedad.
- c) Calculo del daño relativo (U.f.) para cada periodo mediante la ecuación:

$$U_f = 1.18 \times 10^8 \times M.r^{-2.32}$$

- d) Determinar el valor ponderado de U.f., de acuerdo al número de periodos y sus respectivos valores U.f.
- e) Calcular el valor de soporte o modulo efectivo (de diseño) de la sub-rasante Mr (d) empleando la expresión:

$$\text{Mr (d)} = 3015 \times U.f^{0.431}$$

Este valor M_r (d) pudiera definirse como un único de M_r que produce un daño total equivalente al que produciría por el efecto combinado de los valores de M_r durante cada estación (condición de humedad).

Es importante señalar que el método indica que deben usarse valores M_r promedio para cada condición, ya que la confiabilidad se incluye en una forma integral en la ecuación de Diseño mediante los términos Z_r y S_o . Por otra parte, se sugiere (en lo referente a la variabilidad de M_r) que el proyecto sea dividido en sectores con coeficientes de variación (CV) inferiores de 15.

En el año de 1972 Van Til Et efectuó un monograma de correlación entre el módulo Resiliente con el CBR, cuya aplicación es bastante conocida Experiencia Latinoamericana a sugerido la utilización de las fórmulas recomendadas por A.A.S.H.T.O, pero con ciertas restricciones tales como:

$M_r = 1500 \times \text{C.B.R.}$ para $\text{CBR} < 732\%$ sugerida por A.A.S.H.T.O

$M_r = 3000 \times \text{C.B.R.}^{0.65}$ para CBR de 7.2% a 20% esta ecuación fue Desarrollada en Sudáfrica

$M_r = 4325 \times \ln \text{C.B.R.} + 242$ utilizada para suelos granulares por la propia guía A.A.S.H.T.O

El coeficiente de drenaje (m_i), tiene la finalidad de tomar en cuenta el efecto de los distintos niveles de eficiencia de drenaje en el comportamiento de la estructura.

Este parámetro sirve para modificar el coeficiente estructural de las capas granulares de Base y Sub-Base (a_2 y a_3), ya que, al incrementarse el contenido de humedad en un material no cementado, su módulo puede reducirse hasta un 50%.

La determinación de los coeficientes de drenaje (m_i) se realiza según la guía AASHTO, en función de dos variables:

1. La calidad de drenaje del material y
2. El porcentaje de tiempo anual que la estructura tendrá niveles de humedad próximos a la saturación.

El nivel de la calidad de drenaje es establecido en función del tiempo que el material requiere para drenar hasta un 50% de saturación (depende de la permeabilidad, longitud de recorrido, espesor de la capa, porosidad efectiva y pendiente).

La confiabilidad estadística es un concepto incorporado en la nueva ecuación, de esta forma incluye un cierto grado de confiabilidad en el proceso de diseño del pavimento.

El factor F_r de confiabilidad aumenta el número de repeticiones de tráfico (W_{ts}) que registraría la estructura que se diseña.

Este aspecto es incorporado en el diseño mediante un nivel de confiabilidad (R), este se basa en la distribución normal y es función de la desviación estándar (S_o).

Los valores recomendados para pavimentos flexibles de S_o se encuentran dentro del rango 0.4- 0.5 recomendando el valor de 0.45.

Los valores de confiabilidad están dados de acuerdo a la siguiente tabla 2.2-3.

*Tabla 2.2-3
Clasificación general*

CLASIFICACION GENERAL	NIVEL DE CONFIABILIDAD RECOMENDADOS	
	URBANO	RURAL
Autopistas y carreteras interestatales	85 – 99.9	80 – 99.9
Otras arterias principales	80 – 99	75 - 95
Colectoras	80 – 95	75 – 95
locales	50 - 80	50 – 80

CAPITULO III METODOLOGIA

3.1 Método de estudio

El método general del presente estudio fue el analítico sintético, dado que se hizo el análisis del suelo para estudiar sus propiedades físico - mecánicas, así como la clasificación del suelo, para luego sintetizar en el mejoramiento y la construcción de la carretera.

3.2 Tipo de estudio.

El tipo de este estudio fue aplicado, porque utilizamos la teoría para la solución de problemas reales. Sin teoría, no se puede aplicar los conocimientos en la práctica.

3.3 Nivel del estudio.

El nivel de este estudio fue el descriptivo, porque estuvo enfocado fundamentalmente a la descripción de la realidad problemática, para luego darle solución con la construcción de la carretera.

3.4 Diseño del estudio.

El diseño fue experimental, en ese estudio se realizaron ensayos y pruebas, para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo; así como para clasificar el suelo de acuerdo a la norma.0

3.5 Población y muestra.

La población estuvo constituida por la Carretera Cochabamba – Cutervo – Chiple, con una extensión 91+620 Km, no se utilizó la técnica de muestreo, el análisis comprendió todo el tramo descrito.

3.6 Técnica e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de los datos de campo se emplearán diversas técnicas, métodos e instrumentos con la finalidad de procesar la información, entre los instrumentos y equipos podemos citar los siguientes:

- ✓ Equipo topográfico (Estación Total)
- ✓ Equipo de laboratorio de mecánica de suelos

- ✓ Cámara fotográfica y filmadora
- ✓ Libreta de campo
- ✓ Formatos para la toma de datos de campo

Así mismo recalcar que la observación, permitió obtener los datos los cuales fueron plasmados en los formatos respectivos de recolección de información.

3.7 Análisis de datos.

En el presente estudio se realizó el análisis de 367 calicatas a lo largo del tramo en ambos carriles, con una profundidad de 1.50 metros, la muestra se hizo cada 2 kilómetros.

En las calicatas excavadas se obtuvieron muestras diferentes, las cuales fueron llevadas al laboratorio para sus respectivos exámenes y determinar sus características físicas del suelo, con la finalidad de realizar sus ensayos de CBR, se obtuvo un total de 47 muestras para ello.

Los ensayos que se realizaron son los siguientes: humedad natural, análisis granulométrico por tamizado, limite líquido, limite plástico, índice de plasticidad, clasificación SUCS, Clasificación AAHSTO, Proctor modificado, California Bearing ratio (CBR), con sus respectivas normas ASTM y MTC.

Los resultados de los ensayos de laboratorio ejecutados se encuentran en el anexo.

CAPITULO IV

DESARROLLO DEL INFORME

4.1 Resultados

4.1.1 Ubicación y descripción del área de trabajo

La carretera Cochabamba – Cutervo – Chiple pertenece a la Ruta Nacional N° PE-3N, Eje Longitudinal de la Sierra Norte. Está ubicada en el Departamento de Cajamarca y une las Provincias de Chota y Cutervo. El inicio del tramo está en el progresivo km 0+000, a la salida de Cochabamba y termina en Chiple km 91+620. La longitud total del tramo en estudio es de 91.62 km, con un ancho de calzada de 6.60 m y ancho de bermas de 1.20 m. La carretera se ubica en una zona geográfica que se denomina sierra, con características de clima severo y presencia de lluvias, y se desarrolla en topografía ligeramente accidentada a ondulada. El inicio de la carretera está a 1,662 msnm y el final a 692 msnm, pasando por el punto más alto de 2,776.82 msnm en el progresivo km 47+075. En la zona del proyecto se cuenta con la disponibilidad de agregados en los cerros y a todo lo largo del Río Chotano y Río Callayue.

4.1.2 Objetivo

El objetivo fue analizar la influencia de los estudios del suelo de la subrasante para el diseño del pavimento de la carretera Cochabamba – Cutervo – Chiple y con ello determinar los valores de la resistencia del suelo (CBR) que sirvieron como parámetro para el diseño del pavimento.

En base al tipo y propiedades del suelo de la subrasante, la carretera se divide en sectores homogéneos y para cada uno de estos sectores se calculó el valor del CBR de diseño. Estos valores se determinan en base a todos los valores de CBR que se obtienen cada 2 km, según lo indicado en los Términos de Referencia proporcionados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Se evaluaron las características de los suelos para definir la existencia de los sectores con los suelos potencialmente expansibles, altamente compresibles, suelos con materia orgánica, etc. y se recomienda el mejoramiento adecuado para cada caso.

La ejecución de los trabajos que se indican líneas arriba se realizó siguiendo las recomendaciones de la práctica reconocida, las normas aplicables y lo que se señala en los Términos de Referencia.

4.1.3 Alcance y desarrollo del estudio

Para la ejecución del estudio del área de suelos, pavimentos canteras y la fuente de agua, se ha considerado los conocimientos y la documentación técnica (según requerimientos de los términos de referencia) que se detalla a continuación:

- ✓ Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG 2000) aprobado mediante R.D. N°1146-2000-MTC/15.17.
- ✓ Manual de ensayos de Materiales para Carreteras (EM-2000), aprobado mediante R.D.N°0285-2001/15.17.
- ✓ Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras, aprobado mediante R.D. N°051-2007-MTC/14.
- ✓ Manuel de Diseño de Pavimentos - AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

Se efectuó el procesamiento de toda la información obtenida en campo para definir en base al análisis integral de resultados, los parámetros de diseño de la vía y diseñar la estructura del pavimento, así como las intervenciones periódicas para el periodo de diseño.

4.1.4 Descripción del estado superficial de la carretera

Este tramo se desarrolla por zonas rurales y urbanas. Originalmente el pavimento en este sector fue construido a nivel de afirmado. Actualmente, la superficie de rodadura prácticamente carece de afirmado, en algunos sectores se observa material granular grueso entre 3" y 8", el estado superficial de la carretera en la mayor parte del tramo en estudio se puede calificar como de regular a malo. La superficie de rodadura está bastante deteriorada presentando gran cantidad de baches, encalaminado y

ahuellamientos producidos por el tránsito y la falta del mantenimiento; la profundidad máxima de los ahuellamientos llega hasta 15 cm. El mal estado de la superficie que ya existe en la carretera se ve agravado, además, por el mal funcionamiento del drenaje longitudinal y transversal: las cunetas no existen y/o están colmatadas en algunos sectores, el bombeo se ha perdido, lo que produce que el agua pluvial se acumule sobre la superficie y/o discurra sobre la misma formando sus propios cursos longitudinales y transversales al eje de la carretera. Todo esto contribuye al empeoramiento del estado superficial de la vía.

La descripción detallada del estado actual de la superficie de rodadura de la carretera en estudio se presenta a continuación:

✓ **km 0+010 – Km 9+000**

La superficie de rodadura se encuentra encalaminada, el material de afirmado ha sido desplazado hacia los costados y el centro de la carretera, el tamaño máximo de la grava es de 3". Mal drenaje debido a la falta de cunetas. A partir de la progresiva Km 8+500 se presentan baches. En las progresivas Km 8+690, Km 8+790, Km 8+870 cursos de agua cruzan la vía, la transitabilidad es regular.



Figura 4.1-1 Inicio del tramo Cochabamba

✓ **Km 9+000– Km 19+000**

En la superficie de la carretera se observan surcos longitudinales y transversales formados por el agua que discurre por la carretera debido al mal drenaje longitudinal. En la progresiva Km 10+500 un curso de agua cruza la carretera. La superficie de rodadura esta encalaminada y tiene baches. El tamaño máximo de grava es de 5". La transitabilidad es de regular a mala



Figura 4.1-2 Km 9+000– Km 19+000

✓ **Km 19+000 – Km 47+000**

La superficie de la carretera se encuentra encalaminada. Se observan surcos formados por el agua. Presencia de baches, ahuellamientos y depresiones. Afloramiento de piedras de 5".



Figura 4.1-3 Km 19+000 – Km 47+000

✓ **Km 47+000 – Km 72+000**

La superficie se presenta encalaminada, se observan piedras de 10". Presencia de surcos formados por el agua. Numerosos baches y depresiones. En la progresiva Km 45+300 hay zonas de derrumbes. La transitabilidad es mala.



Figura 4.1-4 KM 45 + 300



Figura 4.1-5 KM 70 + 250

✓ **Km 72+000 – Km 91+620**

La superficie de rodadura se encuentra encalaminada con ahuellamientos y depresiones, el material de afirmado ha sido desplazado hacia los costados, el tamaño máximo de la grava es de 5". Presencia de baches la transitabilidad es mala.

4.1.5 Trabajos de campo

Un objetivo específico fue determinar las propiedades físicas y estimar el resultado de la evaluación de las propiedades mecánicas del suelo para el diseño del pavimento de la carretera, con ello se definió el valor soporte de la subrasante como parámetro necesario para el diseño del pavimento. Los trabajos de campo se realizaron en los meses de junio y julio del 2010 y consistieron en la excavación de calicatas a cielo abierto equidistantes 250 m entre sí. Las calicatas se ubicaron a lo largo del eje definitivo del proyecto, estacado en campo por la brigada de topografía, en tresbolillo a ambos lados de la carretera y en el eje donde este no coincide con la plataforma actual. Se excavó un total de 367 calicatas con una profundidad de 1.50 m o hasta encontrar bolonería o manto rocoso. En cada una de las calicatas excavadas se obtuvieron muestras disturbadas representativas de cada estrato encontrado para la ejecución de los ensayos de laboratorio correspondientes a la determinación de las características físicas de los suelos. De acuerdo con lo señalado en los Términos de Referencia, cada 2.0 km se obtuvieron muestras integrales de la subrasante con la finalidad de realizar los ensayos de CBR. Se obtuvo un total de 46 muestras para CBR.

4.2 Registros de excavación

Paralelamente con la ejecución de las calicatas se prepararon los perfiles estratigráficos de cada calicata en los cuales se incluyó la descripción del suelo indicando el tipo, color, compacidad, humedad, clasificación visual, forma de las partículas de grava, etc. La información consignada en los perfiles de campo se compatibilizó con los resultados de los ensayos de laboratorio y se le dio la clasificación definitiva a cada uno de los estratos

del suelo. Los registros de calicatas, acompañados de las fotografías correspondientes a cada uno, se presentan en el Anexo.

4.3 Ensayos de Laboratorio

Las muestras obtenidas en el campo fueron llevadas al laboratorio del Consultor, donde se realizaron los siguientes ensayos:

*Tabla 4.3-1
Ensayos de Laboratorio*

ENSAYO	Norma ASTM	Norma MTC
Humedad natural	ASTM D-2216	MTC E 108
Análisis Granulométrico por tamizado	ASTM D-422	MTC E107
Límite Líquido	ASTM D-4318	MTC E 110
Límite Plástico	ASTM D-4318	MTC E 111
Índice de Plasticidad	ASTM D-4318	MTC E 111
Clasificación SUCS	ASTM D-2487	
Clasificación AASHTO	ASTM D-3282	
Proctor Modificado	ASTM D-1557	MTC E 115
California Bearing Ratio (C.B.R)	ASTM D-1883	MTC E 132

Los valores de C.B.R. se calcularon al 100% y 95% de la densidad máxima seca del Proctor Modificado. Los resultados de los ensayos de laboratorio ejecutados se presentan en el Anexo.

4.4 Descripción del Perfil Estratigráfico

✓ **KM 0+010 – KM 4+020**

En este sector el subsuelo está conformado por estratos de suelo granular grueso representado por grava limosa, grava arcillosa y grava limo-arcillosa (GM, GC GM-GC), sub-angulosa, medianamente densa a densa, húmeda, color de marrón claro a marrón oscuro. Están intercalados con estratos de arena fina, limosa (SM) medianamente densa, húmeda. Estos estratos llegan a la profundidad máxima de exploración de 1.50 m. En el progresivo km 1+480 a la profundidad de 0.70 m aparece un estrato de limo inorgánico arenoso, húmedo, medianamente plástico. En el progresivo km 0+010, km 0+470 a km 0+720, km 1+230 a km 1+480, km 1+960 a km 2+210, km 2+700 a km 3+900 aparece manto rocoso a la profundidad que varía entre 0.40 m y 1.40 m.

✓ **KM 4+020 – KM 8+015**

Este sector se caracteriza por presencia de estratos de suelos granulares gruesos tales como grava arcillosa y grava limosa húmeda, densa, clasificados en el Sistema de Clasificación SUCS como GM y GC, y suelos granulares finos como arena arcillosa y arena limosa (SC, SM) con grava que llegan hasta la profundidad de investigación de 1.50 m. En el progresivo km 4+140 y km 4+860 respectivamente se encuentran estratos de limo arenoso húmedo, de baja plasticidad y arcilla limosa inorgánica de mediana plasticidad, húmeda, medianamente compacta. En el progresivo km 4+610, km 5+110 a km 5+610, km 6+640, km 7+140 a km 7+640 aparece manto rocoso a la profundidad entre 0.40 m y 1.30 m.

✓ **KM 8+015 – KM 17+285**

El subsuelo de este sector está compuesto por estratos de grava limosa, grava arcillosa y grava limo-arcillosa (GM, GC, GM-GC) ligeramente húmeda, medianamente densa a densa en la profundidad, color beige a marrón, intercalada con estratos de arena arcillosa y arena limosa (SC, SM) ligeramente húmeda, medianamente densa. En la progresiva km 8+140 a la profundidad de 0.60 m yace estrato de arcilla inorgánica de baja plasticidad, húmeda, compacta y en km 8+390 se encuentra estrato de limo arenoso con grava húmedo de baja plasticidad, medianamente compacto. En la progresiva km 9+390 a la profundidad de 0.40 m y hasta 1.50 m se encuentra el estrato de limo arenoso, con grava, húmedo de mediana plasticidad, compacto y en km 9+880 desde 0.30 m hasta 1.50 m yace estrato de arcilla húmeda de mediana plasticidad, compacta. En el km 11+630 superficialmente se observa una capa de arcilla inorgánica, húmeda, medianamente plástica cuyo espesor es de 0.20 m. Entre el progresivo km 12+400 a km 12+650 se encuentra estrato de arcilla limosa inorgánica, de mediana plasticidad, húmeda, medianamente compacta de color amarillento. En el progresivo km 12+920 desde 0.20 m hasta 1.50 m de profundidad se encuentra estrato de limo arcilloso húmedo, de mediana plasticidad, compacto. En el progresivo km 8+390, km 8+640, km 9+140,

km 10+140 a km 10+620, km 11+380, km 13+400 a km 13+640, km 14+390 a km 14+630 y km 16+130 a km 16+ 630 aparece manto rocoso a la profundidad entre 0.60 m y 1.20 m.

✓ **Km 17+285– Km 20+720**

Este sector está representado por intercalación de estratos de limo inorgánico, húmedo, medianamente plástico, compacto, color marrón oscuro, arcilla inorgánica de mediana plasticidad, húmeda, compacta, color amarillento y arcilla de alta plasticidad, muy húmeda, compacta, color marrón con lentes amarillentos, clasificados en el Sistema de Clasificación SUCS como ML, CL y CH y estratos de grava limosa, grava arcillosa y grava limo-arcillosa (GM, GC, GM-GC), ligeramente húmeda, medianamente densa a densa en profundidad, color marrón claro a marrón oscuro, cuyo espesor varía entre 0.20 m. y 1.50 m. En las progresivas km 17+640, 18+350 y km 19+600 aparece un manto rocoso a la profundidad entre 0.50 m y 1.00 m

✓ **Km 20+720 - Km 30+485**

En este sector predominan suelos finos plásticos representados por arcilla inorgánica, de mediana plasticidad, húmeda, compacta, color amarillento a marrón.

Se intercala con estratos de limo arcilloso de mediana plasticidad, húmedo, compacto, color beige oscuro a marrón claro y estratos de grava limosa, grava arcillosa, grava limo-arcillosa (GM, GC, GM-GC) y arena limosa y arena arcillosa (SM, SC), color marrón, ligeramente húmeda, medianamente densa. En el progresivo km 23+090, km 25+330, km 27+130 y km 27+880 se encuentra el estrato de arcilla inorgánica de alta plasticidad, húmeda, compacta (CH), color amarillento. En los km 25+610 y 26+100 se observa el estrato de limo de alta plasticidad, húmedo, compacto que aparece a la profundidad entre 0.50 m y 1.20 m y llega hasta la profundidad de investigación. En las progresivas km 25+850, km 29+350 y km 29+860 a la profundidad de 0.30 m y 1.20 m aparece manto rocoso.

✓ **Km 30+485 – Km 35+415**

El subsuelo de este sector se caracteriza por presencia de suelos granulares finos representados por arena limosa, arena arcillosa y arena mal graduada limosa y arcillosa (SM, SC, SP-SM, SP-SC) ligeramente húmeda, medianamente densa, color marrón oscuro y plomizo. Se encuentran intercaladas con estratos de grava limosa, grava arcillosa y grava limo-arcillosa (GM, GC, GM-GC), húmeda, denso color marrón claro. En la progresiva km 33+880 a la profundidad de 0.70 m yace un estrato de arcilla inorgánica de mediana plasticidad, ligeramente húmeda, compacta y en la progresiva km 34+360 desde la profundidad de 0.40 m hasta 1.50 m se encuentra estrato de limo arcilloso, ligeramente húmedo, compacto. En las progresivas km 30+870 a km 31+130, km 32+530 a km 32+800, km 33+420, km 34+130 y km 34+800 a la profundidad que varía entre 0.70 m y 1.40 m aparece manto rocoso.

✓ **Km 35+415– Km 44+415**

En el subsuelo de este sector predomina arcilla inorgánica, de mediana plasticidad, húmeda, compacta. Se intercala con estratos de arena arcillosa y arena limosa (SC y SM) ligeramente húmeda, medianamente densa. Superficialmente se observa una capa de 0.20 m de grava limosa de 0.20 m de espesor. En las progresivas km 35+540, km 36+040, km 36+540, km 37+040 y km 42+540 se encuentra un estrato de arcilla inorgánica de alta plasticidad, húmeda, compacta (CH). En la progresiva km 41+540 superficialmente yace un estrato de limo inorgánico, ligeramente húmedo, medianamente compacto. En la progresiva km 44+040 a la profundidad de 1.20 m aparece manto rocoso.

✓ **Km 44+415 – Km 51+165**

En este sector el subsuelo está conformado por capas de suelo granular grueso predominando grava arcillosa, grava mal graduada arcillosa, grava mal graduada limosa (GC, GP-GM, GP-GC|) intercalada con estratos de arena mal graduada, arena limosa, arena arcillosa y arena limo-arcillosa

(SP, SM, SC, SM-SC), medianamente densa a densa, húmeda, color de marrón claro a marrón oscuro. Estos estratos llegan a la profundidad máxima de exploración de 1.50 m. En las progresivas km 45+540 a km 45+790, km 46+290, km 47+040 a km 48+040, km 48+790 a km 49+290 aparece manto rocoso a la profundidad que varía entre 0.30 m y 1.20 m.

✓ **Km 51+165 – Km 58+165**

Predominan suelos finos plásticos como arcilla inorgánica (CL), de mediana plasticidad, húmeda, compacta. En la progresiva km 57+290 superficialmente hasta una profundidad de 0.30 m y en km 57+790 a la profundidad de 0.40 m se observa capa de limo arcilloso (ML) de mediana plasticidad, húmedo, medianamente compacto. Los estratos de arcilla se intercalan con estratos de grava arcillosa, grava limosa y grava limo-arcillosa (GC, GM, GM-GC) y arena limosa y arena arcillosa (SM, SC) húmedos, medianamente densos. En las progresivas km 51+540 y km 54+040 y km 55+540 a la profundidad de 0.60 m y 0.80 m aparece manto rocoso.

✓ **Km 58+165– Km 62+165**

Superficialmente se encuentra una capa de grava mal graduada limosa (GP-GM), grava graduada limo arcillosa (GM-GC), grava limosa (GM) y arena limo arcillosa (SM-SC) de espesor entre 0.10 m. y 0.30 m. debajo del cual se encuentra intercalación de estratos de arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL) húmeda, compacta y grava limo-arcillosa, grava arcillosa, grava limosa y arena arcillosa clasificados en el sistema SUCS como GM-GC, GC, GM y SC. En la progresiva km 61+540 a la profundidad de 1.20 m se encuentra manto rocoso.

✓ **Km 62+165– Km 67+915**

El subsuelo de este sector se caracteriza por la presencia predominante de grava arcillosa (GC), intercalado con grava limosa (GM), húmeda, medianamente densa y estrato de suelos finos caracterizado por arena

arcillosa, clasificada en el Sistema SUCS como SC, con grava, húmeda, densa. En las progresivas km 63+290 al km 63+790, km 65+540, km 66+540, km 67+040 y km 67+790 debajo del estrato de arena arcillosa y grava mal graduada arcillosa y arcillosa yace estrato de arcilla inorgánica de mediana plasticidad, medianamente húmeda, compacta. En las progresivas km 62+290, km 65+290 y km 66+290 a la profundidad de 0.60 a 1.10 m aparece manto rocoso.

✓ **Km 67+915 – Km 72+915**

El subsuelo está compuesto por estratos de grava limosa, grava arcillosa, grava mal graduada arcillosa y grava bien graduada arcillosa (GM, GC, GP-GC, GW-GC) ligeramente húmeda, medianamente densa a densa en la profundidad. En la progresiva km 70+540 desde 0.30 m hasta la profundidad de exploración de 1.50 m yace estrato de arcilla inorgánica de mediana plasticidad, húmeda, compacta. En las progresivas km 69+040, km 69+540, km 70+040, km 71+540 y km 72+290 a km 72+790 aparece manto rocoso a la profundidad que varía entre 0.40 m y 1.30 m.

✓ **Km 72+915 – Km 79+665**

Este sector está representado por intercalación de estratos de suelos granulares gruesos tales como grava arcillosa, grava limosa, grava limo arcillosa (GC, GM, GM-GC) húmedos, densos y suelos granulares finos: arena limosa y arena arcillosa clasificados en el Sistema de Clasificación SUCS como SM y SC medianamente húmedos, medianamente densos. En las progresivas km 73+040 al km 73+290, km 74+290, km 75+040, km 77+290, km 77+790, km 78+290 y km 79+290 al km 79+540 se encuentra estrato de suelo fino plástico correspondiente a arcilla inorgánica (CL), húmeda, medianamente plástica, compacta. En las progresivas km 73+540, km 74+040, km 74+540 al km 74+790, km 75+290 al km 77+040, km 78+040, km 78+540 al km 79+040 y km 79+540, aparece manto rocoso a la profundidad entre 0.20 m y 1.30 m.

✓ **Km 79+665 – Km 83+665**

Superficialmente se observa una capa compuesta por grava limosa (GM), grava arcillosa (GC), grava mal graduada arcillosa (GP-GC), grava mal graduada limosa (GP-GM) y arena arcillosa (SC) ligeramente húmeda, medianamente densa llega hasta una profundidad entre 0.30 m y 1.50 m. Debajo de esta capa se encuentra manto rocoso, menos en las progresivas km 80+790 al km 81+040 y km 83+040 donde el estrato granular llega hasta la profundidad de investigación de 1.50 m.

En la progresiva km 81+790 entre 0.30 m y 0.60 m de profundidad se encuentra una capa de arcilla inorgánica de mediana plasticidad, poco húmeda, compacta.

✓ **Km 83+665 – Km 91+620**

El subsuelo de este sector se caracteriza por la intercalación de los estratos de suelos granulares gruesos como grava arcillosa (GC), grava limosa (GM), grava mal graduada arcillosa (GP-GC), grava bien graduada limosa (GW-GM) y grava bien graduada (GW) subangular, húmeda, densa y arena limosa (SM), húmeda, medianamente densa.

Estos estratos llegan hasta la profundidad entre 0.40 m y 1.40 m.

Debajo de esta capa se encuentra manto rocoso, menos en las progresivas km 84+290, km 88+540, km 89+040, km 89+790 y km 91+040 donde el estrato granular llega hasta la profundidad de investigación de 1.50 m.

4.5 Napa freática

En la progresiva km 31+130 a la profundidad de 1.30 m se ubicó la napa freática.

Se debe tener en consideración las recomendaciones de los estudios hidrológicos y drenaje del Proyecto durante la ejecución de la estructura del pavimento.

4.5.1 Sectores Homogéneos

El tramo de la carretera ha sido dividido en siete (7) sectores homogéneos en función a las características predominantes del suelo y su capacidad soporte. El CBR de diseño se ha calculado como el promedio de los CBR de las muestras obtenidas en cada sector, de acuerdo al Método de Diseño AASHTO. Para obtener el promedio representativo de los valores de CBR han sido excluidos los valores extremos que se encuentran por encima del rango de los valores característicos del sector. En las tablas siguientes se presentan los valores de CBR obtenidos en el laboratorio, así como los cálculos de los valores promedio de cada sector homogéneo.

Tabla 4.5-1
Calculo del CBR de diseño por sectores homogéneos

PROGRESIVA (km)	PROFUNDIDAD (m)	CBR 95% MDS	CLASIFICACION AASHTO	CLASIFICACION SUCS	CBR USADO PARA EL CALCULO DE PROMEDIO	CBR PROMEDIO 95% DMS (%)	Mr DISEÑO (psi)
0+010	0.20 - 0.70	62	A-1-a (0)	GP	62		
0+200	0.00 - 1.50	21*	A-1-a (0)	SW-SM			
1+960	0.30 - 0.60	60	A-1-b (0)	SM	60		
3+900	0.00 - 1.40	64	A-2-4 (0)	GC	64		
5+870	0.40 - 1.50	66	A-2-4 (0)	GM-GC	66		
7+890	0.30 - 1.50	64	A-2-4 (0)	GC	64		
9+880	0.30 - 1.50	15*	A-6 (6)	CL			
11+880	0.60 - 1.50	61	A-2-4 (0)	GM	61		
13+900	0.00 - 1.50	63	A-2-6 (0)	GC	63		
15+880	0.30 - 1.50	58	A-6 (3)	GC	58	62.3	35.945
17+890	0.20 - 1.50	15	A-6 (7)	CL	15		
19+860	0.00 - 1.50	11	A-4 (6)	ML	11		
21+860	0.20 - 1.50	14	A-7-6 (14)	CL	14		
23+840	0.40 - 1.50	11	A-4 (4)	CL	11		
25+850	0.40 - 1.50	13	A-7-6 (15)	CL	13		
27+880	0.40 - 1.50	5*	A-7-6 (17)	CH		12.8	13.062
29+860	0.20 - 1.20	58	A-1-b (0)	SM	58		
31+500	0.00 - 1.50	24	A-1-b (0)	SW-SM			
33+180	0.00 - 1.50	34	A-2-4 (0)	SM	34		
35+040	0.00 - 1.50	42	A-2-4 (0)	SM	42		
37+040	0.00 - 0.80	51	A-2-4 (0)	SM	51	46.3	29.721
39+040	0.40 - 1.50	13	A-6 (9)	CL	13		
41+040	0.20 - 1.10	12	A-4 (3)	CL	12		
43+040	0.30 - 1.50	14	A-6 (10)	CL	14	13.0	13.192
45+040	0.30 - 1.50	66	A-1-a (0)	GP	66		
47+040	0.00 - 1.00	61	A-2-4 (0)	GM-GC	61		
49+040	0.00 - 1.20	55	A-2-4 (0)	GM-GC	55		
51+040	0.00 - 1.50	47	A-4 (1)	GC	47	57.3	34.070
53+040	0.10 - 1.50	8	A-6 (8)	CL	8		
55+040	0.40 - 1.50	12	A-7-6 (9)	CL	12		
57+040	0.30 - 1.50	7	A-6 (7)	CL	7		
59+040	0.20 - 1.50	39*	A-2-4 (0)	GP-GC			
61+040	0.20 - 1.50	9	A-4 (3)	SC	9	9.0	10.426
63+040	0.00 - 0.80	27	A-1-b (0)	GM	27		
65+040	0.30 - 1.50	57	A-2-6 (0)	GC	57		
67+040	0.00 - 1.00	25	A-2-4 (0)	GP-GC	25		
69+040	0.00 - 0.70	47	A-2-6 (0)	GC	47		
71+040	0.30 - 1.50	26	A-2-4 (0)	GM	26		
73+040	0.20 - 1.50	7*	A-7-6 (13)	CL			
75+040	0.30 - 1.50	23	A-7-6 (6)	CL	23		
77+040	0.20 - 0.80	61*	A-2-4 (0)	GM-GC			
79+040	0.00 - 1.30	27	A-2-4 (0)	GC	27		
81+040	0.00 - 1.50	53	A-2-4 (0)	GM	53		
83+040	0.00 - 1.50	56	A-2-4 (0)	GC	56		
85+040	0.00 - 1.20	56	A-2-4 (0)	GM	56		
87+040	0.00 - 1.10	41	A-1-a (0)	GP-GC	41		
89+040	0.00 - 1.50	44	A-6 (1)	GC	44		
91+040	0.00 - 1.50	58	A-2-4 (0)	GM-GC	58	41.5	27.746

En el siguiente cuadro se presenta las progresivas correspondientes a cada uno de los sectores homogéneos y los valores CBR correspondientes:

Tabla 4.5-2
sectores homogéneos

SECTORES HOMOGENEOS			
SECTOR	PROGRESIVAS (km)		Longitud (m)
1	0+000	17+285	17,285
2	17+285	30+000	12,715
3	30+000	35+415	5,415
4	35+415	44+165	8,750
5	44+165	51+165	7,000
6	51+165	62+000	10,835
7	62+000	91+620	29,620

A continuación, se presenta la descripción de los sectores homogéneos:

✓ **Km 0+010 – km 17+285.**

El subsuelo está conformado por estratos de suelo granular grueso compuesto por grava mal graduada limosa, grava arcillosa y grava limo-arcillosa, clasificados en el Sistema de Clasificación SUCS como GP-GM, GM-GC y GC, medianamente densa a densa, húmeda, color de marrón claro a marrón oscuro, suelo granular fino como arena limosa (SM), arena arcillosa (SC) y suelo fino como limo inorgánico de mediana plasticidad (ML) y arcilla inorgánica de mediana plasticidad (CL) de color entre marrón claro y amarillento.

En las progresivas km 4+860, km 8+140, km 9+880, km 11+630, km 12+400 al km 12+650 y km 16+130 entre las profundidades de 0.00 m y 1.50 m yace un estrato de arcilla inorgánica, de baja plasticidad de color entre amarillento y marrón oscuro, húmeda y compacta.

En las progresivas km 1+480, km 4+140, km 8+390, km 9+390 y km 12+920 entre las profundidades de 0.00 m y 1.50 m se encuentra estrato de limo inorgánico, de baja plasticidad, húmedo, medianamente compacto a compacto.

En las progresivas km 0+010, km 0+470 a km 0+720, km 1+230 a km 1+480, km 1+960 a km 2+210, km 2+700 a km 3+900, km 4+610, km 5+110 a km 5+610, km 6+640, km 7+140 a km 7+640, km 8+390, km 8+640, km 9+140, km 10+140 a km 10+620, km 11+380, km 13+400 a km 13+640, km 14+390 a km 14+630 y km 16+130 a km 16+ 630 aparece

manto rocoso. La profundidad del manto rocoso es variable y se encuentra entre 0.40 m y 1.40 m.

✓ **Km 17+285 – km 30+000.**

Superficialmente se encuentra una capa de grava limosa (GM) cuyo espesor varía entre 0.30 m y 0.70 m, debajo del cual yacen estratos de arena arcillosa (SC) con grava hasta 1 ½”, color amarillento, húmeda, densa, arcilla inorgánica de baja plasticidad, de color marrón entre claro y oscuro a amarillento, húmeda, densa y limo arcilloso (ML) de color marrón claro a oscuro, de baja a mediana plasticidad, conteniendo un 8% de grava de tamaño máximo de 2 ½”, húmedo, compacto.

Estos suelos clasifican en el Sistema de Clasificación SUCS como CL y ML. En las progresivas km 17+640, km 23+090, km 25+330km 27+130 y km 27+880 a la profundidad que varía entre 0+000 m y 0.80 m se encuentra un estrato de arcilla inorgánica de alta plasticidad de color amarillento, húmeda, compacta clasificada en el Sistema SUCS como CH. En las progresivas km 25+610 y km 26+100 a la profundidad entre 0.50 m y 0.60 m y hasta la profundidad de 1.50 m se encuentra un estrato de limo inorgánico, de alta plasticidad, húmedo, compacto. En las progresivas km 17+640, km 18+350, km 19+600, km 25+850, km 29+350 y km 29+860 a la profundidad entre 0.30 m y 1.20 m yace manto rocoso.

✓ **Km 30+000 – km 35+415:**

En estas progresivas el subsuelo está conformado por estratos de suelo fino granular compuesto por arena limosa, arena arcillosa arena mal graduada limosa y arena mal graduada arcillosa (SM, SC, SP-SM, SP-SC) intercalados con estratos de suelo grueso granular conformado por grava limosa, grava limo-arcillosa ligeramente húmedos, medianamente densos.

En la progresiva km 30+100, km 30+360 y km 33+880 a la profundidad que varía entre 0.70 m y 1.00 m se encuentra un estrato de arcilla inorgánica, de color marrón oscuro a amarillento, medianamente plástica, ligeramente húmeda, compacta (CL) y en la progresiva km 34+360 a la

profundidad de 0.40 m se encuentra un estrato de limo inorgánico, de baja plasticidad, ligeramente húmedo, medianamente compacto (ML).

En las progresivas km 30+870 al km 31+130, km 32+530 al km 32+800, km 33+420, km 34+130 y km 34+800 debajo de los estratos granulares a la profundidad entre 0.70 m y 1.40 m aparece manto rocoso.

✓ **Km 35+415 – km 44+165.**

En el subsuelo de este sector predomina arcilla inorgánica, de mediana plasticidad, húmeda, compacta (CL).

Se intercala con estratos de arena arcillosa y arena limosa (SC y SM) ligeramente húmeda, medianamente densa.

Superficialmente se observa una capa de 0.20 m en promedio de grava limosa de 0.20 m de espesor.

En las progresivas km 35+540, km 36+040, km 36+540, km 37+040 y km 42+540 se encuentra un estrato de arcilla inorgánica de 0.50 m de espesor, de alta plasticidad, húmeda, compacta (CH). En la progresiva km 41+540 superficialmente yace un estrato de limo inorgánico, ligeramente húmedo, medianamente compacto.

En la progresiva km 44+040 a la profundidad de 1.20 m aparece manto rocoso.

✓ **Km 44+165 – km 51+165.**

El subsuelo de este sector se caracteriza por la presencia de suelos granulares gruesos tales como grava mal graduada (GP), grava arcillosa (GC) y grava limo-arcillosa (GM-GC) de color amarillento a marrón oscuro, húmedas, densas, que llegan hasta 1.50 m de profundidad.

En las progresivas km 44+540, km 45+540 al km 45+790, km 46+290, km 47+040 al km 48+040, km 48+790 al km 49+290 a la profundidad entre 0.20 m y 1.20 m aparece manto rocoso.

✓ **km 51+165 – km 62+165.**

Superficialmente se encuentra una capa de grava bien graduada limosa (GW-GM), grava mal graduada limosa (GP-GM), grava limosa (GM) y

arena arcillosa (SC) de espesor entre 0.10 m y 0.40 m debajo del cual se encuentra un estrato de arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL) de color anaranjado rojizo, marrón oscuro hasta amarillento, húmeda, compacta. En el km 54+040, km 55+540 y km 61+540 a la profundidad entre 0.80 m y 1.20 m se encuentra manto rocoso.

✓ **Km 62+165 – km 91+620:**

El subsuelo de este sector se caracteriza por la presencia de suelos granulares gruesos tales como grava mal graduada arcillosa (GP-GC), grava limosa (GM) y grava arcillosa (GC) de color marrón claro a marrón oscuro, húmeda, medianamente densa y estrato de suelos finos caracterizado por arena arcillosa clasificada en el Sistema SUCS como SC, con un 20% de grava hasta 1 1/2", color amarillento, húmeda, densa. Sobre este estrato se encuentra una capa de grava limo-arcillosa de 0.20 m de espesor correspondiente a la capa de afirmado. Entre las progresivas km 63+165 al km 63+915, km 64+665 al km 64+915, km 65+415 al km 65+665, km 65+915 al km 66+165, km 66+415 al km 66+665, km 64+665 al km 67+915 y km 70+415 al km 70+665 debajo de la capa superficial de 0.20 m a 0.50 m y entre las progresivas km 66+915 al km 67+165 a la profundidad de 1.0 m de espesor de arena arcillosa (SC) y grava mal graduada, arcillosa (GP-GC) de color marrón claro, húmeda, yace un estrato de arcilla inorgánica, de mediana plasticidad, de color marrón claro a anaranjado, húmeda compacta, clasificada en el Sistema SUCS como (CL), La roca aparece en las progresivas siguientes: km 62+290, km 65+290, km 66+290, km 69+040, km 69+540, km 70+040, km 71+540 a la profundidad de 0.70 m a 1.20 m, km 72+290 al km 72+790 entre 0.40 m y 1.30 m de profundidad, km 73+540 a 0.20 m, km 74+040, km 74+540 al km 74+790 entre 0.90 m y 1.20 m, km 75+290 al km 77+040 a la profundidad entre 0.50 m y 1.10 m, km 78+040 a 0.20 m, del km 78+540 al km 79+040 a la profundidad entre 0.40 m y 1.30 m, km 79+540 al km 80+540 entre 0.30 m y 1.10 m, km 81+290 al km 82+790 a la profundidad que varía entre 0.30 m y 1.30 m, km 83+290 al km 84+040 entre 0.40 m y 1.40 m, km 84+540 al km 88+290 a la profundidad que

varía entre 0.40 m y 1.30 m, km 88+790, km 89+290 al km 89+540 entre 0.40 m y 0.60 m, km 90+040 al km 90+790 a la profundidad que varía entre 0.50 m y 0.80 m y km 91+290 a 1.30 m debajo del estrato de grava.

4.6 Ubicación de extractos rocosos en calicatas

Se ubicaron mantos rocosos y para considerar el material adicional en sectores de corte se deberá efectuar una sobre excavación de 0.15 m y remplazar con material granular antes de colocar la sub-base granular. La sobre excavación de corte en roca se da con la finalidad de presentar una capa de transición entre el pavimento y un elemento rígido como la roca. Esto también se prevé en las Especificaciones Técnicas (EG 2000), donde se indica: "Toda excavación en roca se deberá profundizar 15 cm por debajo de las cotas de subrasante y dicha área se deberá rellenar, conformar y compactar con material seleccionado proveniente de las excavaciones o con material de cantera". En 36% de las calicatas se encontró roca a la profundidad mínima de 0.20 m y máxima de 1.40 m. En la tabla 4.6-1 se presenta la relación de las calicatas donde se ubicó el manto rocoso y la profundidad respectiva.



Figura 4.6-1 Ubicación de estratos rocosos en calicatas



Figura 4.6-2 Extracción de los estratos rocosos en calicatas

Tabla 4.6-1
Ubicación del manto rocoso

CALICATA N°	UBICACIÓN (km)	PROFUNDIDAD DEL MANTO ROCOSO (m)	CALICATA N°	UBICACIÓN (km)	PROFUNDIDAD DEL MANTO ROCOSO (m)	CALICATA N°	UBICACIÓN (km)	PROFUNDIDAD DEL MANTO ROCOSO (m)
C-1	0+010	0.90	C-133	32+800	0.80	C-316	78+540	0.70
C-3	0+470	0.40	C-135	33+420	0.70	C-317	78+790	0.40
C-4	0+720	0.70	C-138	34+130	0.70	C-318	79+040	1.30
C-6	1+230	1.10	C-141	34+800	0.80	C-320	79+540	1.00
C-7	1+480	1.00	C-178	44+040	1.20	C-321	79+790	0.30
C-9	1+960	0.60	C-180	44+540	0.30	C-322	80+040	1.10
C-10	2+210	0.40	C-184	45+540	0.20	C-323	80+290	0.50
C-12	2+700	1.20	C-185	45+790	0.40	C-324	80+540	1.00
C-13	2+920	0.50	C-187	46+290	0.40	C-327	81+290	0.40
C-14	3+170	0.60	C-190	47+040	1.20	C-328	81+540	0.40
C-15	3+400	0.40	C-191	47+290	0.40	C-329	81+790	0.60
C-16	3+650	0.70	C-192	47+540	0.40	C-330	82+040	1.30
C-17	3+900	1.40	C-193	47+790	0.30	C-331	82+290	0.80
C-20	4+610	1.10	C-194	48+040	1.00	C-332	82+540	0.30
C-22	5+110	1.20	C-197	48+790	0.60	C-333	82+790	0.30
C-23	5+360	1.20	C-198	49+040	1.20	C-335	83+290	0.80
C-24	5+610	0.40	C-199	49+290	1.00	C-336	83+540	0.40
C-28	6+640	1.00	C-208	51+540	0.60	C-337	83+790	0.80
C-30	7+140	0.70	C-218	54+040	0.80	C-338	84+040	1.40
C-31	7+390	1.30	C-224	55+540	0.80	C-340	84+540	1.10
C-32	7+640	0.80	C-248	61+540	1.20	C-341	84+790	0.40
C-35	8+390	0.90	C-251	62+290	1.10	C-342	85+040	1.20
C-36	8+640	1.10	C-263	65+290	0.70	C-343	85+290	0.70
C-38	9+140	1.00	C-267	66+290	0.60	C-344	85+540	0.70
C-42	10+140	0.60	C-278	69+040	0.70	C-345	85+790	0.80
C-43	10+370	1.00	C-280	69+540	1.10	C-346	86+040	1.30
C-44	10+620	1.20	C-282	70+040	1.00	C-347	86+290	0.60
C-47	11+380	0.60	C-288	71+540	1.20	C-348	86+540	0.80
C-55	13+400	1.10	C-291	72+290	1.30	C-349	86+790	0.40
C-56	13+640	0.50	C-292	72+540	0.40	C-350	87+040	1.10
C-59	14+390	0.90	C-293	72+790	1.20	C-351	87+290	0.80
C-60	14+630	0.70	C-296	73+540	0.20	C-352	87+540	0.60
C-66	16+130	0.80	C-298	74+040	0.40	C-353	87+790	0.70
C-67	16+380	1.00	C-300	74+540	0.90	C-354	88+040	0.80
C-68	16+630	0.60	C-301	74+790	1.20	C-355	88+290	0.50
C-72	17+640	0.70	C-303	75+290	1.10	C-357	88+790	0.50
C-75	18+350	0.50	C-304	75+540	0.50	C-359	89+290	0.40
C-80	19+600	1.00	C-305	75+790	1.10	C-360	89+540	0.60
C-105	25+850	1.20	C-306	76+040	1.00	C-362	90+040	0.70
C-119	29+350	0.30	C-307	76+290	1.00	C-363	90+290	0.50
C-121	29+860	1.20	C-308	76+540	0.50	C-364	90+540	0.80
C-125	30+870	1.40	C-309	76+790	0.50	C-365	90+790	0.60
C-126	31+130	1.30	C-310	77+040	0.80	C-367	91+290	1.30
C-132	32+530	1.00	C-314	78+040	0.20			

4.6.1 Análisis del suelo de la sub-rasante

Las características de los suelos de la subrasante de una carretera deben ser evaluadas para considerar las condiciones de soporte de los mismos y la necesidad de su mejoramiento en el caso de que sus características no reúnan las condiciones para soportar un paquete estructural del pavimento técnica y económicamente viable. En tal sentido determinadas características e índices suelen emplearse para el reconocimiento de la necesidad del mejoramiento, tales como:

- ✓ Presencia de materia orgánica
- ✓ Capacidad soporte (CBR)
- ✓ Consistencia del suelo
- ✓ Expansividad del suelo
- ✓ Compresibilidad del suelo

A lo largo de la carretera en estudio se han detectado algunos sectores susceptibles a mejorar las condiciones del suelo de la subrasante. Los siguientes criterios han sido aplicados para definir estos sectores:

A. Presencia de materia orgánica

Los suelos con alto contenido de materia orgánica y/o turba son considerados no apropiados como subrasante para recibir las capas del pavimento. En el tramo en estudio no se ha detectado la presencia de materia orgánica.

B. Capacidad soporte del suelo (CBR)

Para cada uno de los sectores homogéneos definidos en función a las características predominantes del suelo y su capacidad soporte, se ha calculado el CBR de diseño de acuerdo al Método de Diseño AASHTO, como el promedio de los CBR de las muestras obtenidas en cada sector. A lo largo de la carretera se han encontrado algunos sectores donde el CBR de la subrasante está por debajo del valor del CBR de diseño. En estos sectores con los valores de CBR que están por debajo del valor de diseño se ha recomendado mejorar la subrasante para proporcionar condiciones equitativas a la subrasante. Con la finalidad de definir el

espesor del mejoramiento a realizar en estos sectores se han realizado los cálculos siguientes:

- ✓ Se definió el número estructural para el valor de CBR del sector
- ✓ Se restó el número estructural correspondiente al pavimento diseñado para el mismo sector
- ✓ Se calculó el espesor del mejoramiento dividiendo la diferencia de los números estructurales entre el coeficiente estructural del material de reemplazo (CBR=30% y $a=0.043/\text{cm}$)

En la tabla 4.6-2 se presentan los resultados de los cálculos realizados.

Tabla 4.6-2
Espesores de mejoramiento

SECTOR HOMOGENEO			CBR _{dis}	CBR _{sec. mejor.}	SN _{obt}	SN CON CBR PARA MEJORAMIENTO	SN Mejoramiento	Espesor Mejoramiento (CBR=30% a=0.043/cm)
N°	km	km						
1	0+010	17+500	62.3	15	2.74	3.77	1.03	24
				21	2.74	3.49	0.75	17
2	17+500	30+000	12.8	5	3.95	4.78	0.83	19
7	57+500	90+000	41.5	7	2.70	3.25	0.55	13

El mayor espesor obtenido es de 24 cm. Sin embargo, tomando en cuenta que los valores de CBR han sido determinados cada 2 km y que existe la posibilidad que en algunos sectores los valores de CBR pueden ser menores que los considerados en los cálculos del espesor del mejoramiento del suelo por CBR se tomó un espesor de 0.50 m. En la tabla 4.6-3 se indican los subsectores que han sido definidos para el mejoramiento de la subrasante bajo este criterio:

Tabla 4.6-3
Mejoramiento de la subrasante CBR

SECTOR		CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	LONGITUD (m)	PROFUNDIDAD DE MEJORAMIENTO (m)
km	km				
4+015	4+265	ML	A-4(4)	250	0.50
4+735	4+985	CL	A-7-6(7), A-7-6(8)	250	0.50
8+015	8+265	CL	A-6(8)	250	0.50
8+265	8+515	ML	A-6(4)	250	0.50
9+265	9+515	ML	A-7-5(9)	250	0.50
9+755	10+005	CL	A-6(6)	250	0.50
11+505	11+755	CL	A-7-6(7)	250	0.50
12+275	12+525	CL	A-6(5)	250	0.50
12+525	12+775	CL	A-7-6(12)	250	0.50
12+795	13+045	ML	A-5(5)	250	0.50
17+515	17+765	CH	A-7-5(19)	250	0.50
17+765	18+015	CL	A-6(8)	250	0.50
18+015	18+245	CL	A-6(8)	230	0.50
18+725	18+975	ML	A-4(4)	250	0.50
18+975	19+225	CL	A-6(7)	250	0.50
19+985	20+225	CL	A-7-6(11)	240	0.50
20+225	20+475	CL	A-6(5)	250	0.50
20+720	20+965	CL	A-6(8)	240	0.50
21+200	21+435	CL	A-6(5)	235	0.50
21+435	21+710	CL	A-6(6)	275	0.50
21+710	21+980	CL	A-7-6(14)	270	0.50
21+980	22+220	CL	A-7-6(11)	240	0.50
22+220	22+465	CL	A-7-6(13)	245	0.50
22+465	22+715	CL	A-7-6(13)	250	0.50
22+965	23+215	CH	A-7-6(17)	250	0.50
23+215	23+465	CL	A-7-6(13)	250	0.50
24+220	24+470	ML	A-7-5(11)	250	0.50
24+470	24+725	CL	A-6(5)	255	0.50
24+725	24+975	CL	A-7-6(8)	250	0.50
25+205	25+455	CH	A-7-6(17)	250	0.50
25+975	26+225	MH	A-7-5(14)	250	0.50
27+005	27+255	CH	A-7-6(15)	250	0.50
27+505	27+755	CL	A-7-6(14)	250	0.50
27+755	28+005	CH	A-7-6(17)	250	0.50
28+255	28+505	ML	A-6(8)	250	0.50
28+505	28+755	CL	A-6(5)	250	0.50
28+755	29+000	CL	A-7-6(9)	245	0.50
33+755	34+005	CL	A-6(5)	250	0.50
34+235	34+485	ML	A-4(4)	250	0.50
35+415	35+665	CH	A-7-6(15)	250	0.50
35+665	35+915	CL	A-6(10)	250	0.50
35+915	36+165	CH	A-7-6(16)	250	0.50
36+415	36+665	CH	A-7-6(16)	250	0.50
38+665	38+915	CL	A-4(4)	250	0.50
38+915	39+165	CL	A-6(9)	250	0.50
39+415	39+665	CL	A-6(10)	250	0.50
39+915	40+165	CL	A-7-6(13)	250	0.50
40+665	40+915	CL	A-7-6(14)	250	0.50
41+165	41+415	CL	A-6(10)	250	0.50
41+665	41+915	CL	A-6(9)	250	0.50
42+165	42+415	CL	A-4(3)	250	0.50
42+415	42+665	CH	A-7-6(15)	250	0.50
43+915	44+165	CL	A-6(10)	250	0.50
51+165	51+415	CL	A-6(8)	250	0.50
52+165	52+415	CL	A-7-6(7)	250	0.50
52+915	53+165	CL	A-6(8)	250	0.50
55+915	56+165	CL	A-6(5)	250	0.50
57+665	57+915	ML	A-7-6(10)	250	0.50
57+915	58+165	CL	A-6(9)	250	0.50
59+165	59+415	CL	A-6(10)	250	0.50
59+665	59+915	CL	A-7-6(8)	250	0.50
60+415	60+665	ML	A-6(9)	250	0.50
60+665	60+915	CL	A-6(10)	250	0.50
61+165	61+415	CL	A-6(8)	250	0.50
63+165	63+415	CL	A-6(7)	250	0.50
63+415	63+665	CL	A-6(10)	250	0.50
63+665	63+915	CL	A-6(7)	250	0.50
64+665	64+915	CL	A-6(9)	250	0.50
65+415	65+665	CL	A-6(6)	250	0.50
65+915	66+165	CL	A-6(9)	250	0.50
66+415	66+665	CL	A-6(4)	250	0.50
67+665	67+915	CL	A-6(9)	250	0.50
70+415	70+665	CL	A-6(6)	250	0.50
72+915	73+165	CL	A-7-6(13)	250	0.50
73+165	73+415	CL	A-7-6(9)	250	0.50
74+165	74+415	CL	A-6(5)	250	0.50
74+915	75+165	CL	A-7-6(6)	250	0.50
77+165	77+415	CL	A-6(9)	250	0.50
77+665	77+915	CL	A-6(4)	250	0.50
78+165	78+415	CL	A-6(8)	250	0.50
79+165	79+415	CL	A-6(6)	250	0.50
79+415	79+665	CL	A-6(5)	250	0.50
81+665	81+915	CL	A-6(8)	250	0.50

4.6.2 Consistencia del suelo

Cuando el contenido de humedad natural obtenido de las muestras de los suelos cohesivos en el laboratorio es cercano al límite plástico y/o Límite Líquido se hace necesario evaluar el estado del suelo. Con la finalidad de caracterizar la consistencia de un suelo se determina su Índice de Consistencia. El Índice de Consistencia informa del estado natural del terreno en el que se encuentra, en función a su humedad natural. El Índice de Consistencia varía entre 0 y 1 dentro del rango de contenidos de humedad y es un indicador de la consistencia potencial del material, de tal manera que el suelo se considera más consistente según dicho índice se acerca a 1 o sobrepase este valor. El Índice de Consistencia se calcula con la fórmula siguiente:

$$I.C. = (LL-w) / IP$$

L.L. = Límite líquido en porcentaje

I.C. = índice de contracción

Los rangos de la caracterización del estado de un suelo en función a su Índice de Consistencia se presentan en el cuadro siguiente:

I_c	CONSISTENCIA DEL SUELO
0.00 - 0.25	Muy blanda
0.25 - 0.50	Blanda
0.50 - 0.75	Rígida
0.75 - 1.00	Muy rígida
>1.00	Dura

Figura 4.6-3 Consistencia del suelo

Se han analizado los contenidos de humedad de los suelos coherentes en el tramo en estudio y se calcularon los Índices de Consistencia, determinándose que los suelos cohesivos del tramo en estudio se caracterizan por tener consistencia dura o muy rígida, por lo que no necesitan mejoramiento por este concepto. En la tabla 4.6-4 siguiente se presentan los valores del Índice de Consistencia obtenidos para todos los subsectores con suelos finos

Tabla 4.6-4
consistencia del suelo

SECTOR		PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	LIMITE LIQUIDO (%)	LIMITE PLASTICO (%)	INDICE PLASTICO (%)	HUMEDAD NATURAL (%)	I _c	CONSISTENCIA DEL SUELO
km	km									
4+015	4+265	0.00-1.50	ML	A-4(4)	37	29	8	19.25	2.2	Dura
4+735	4+985	0.20-0.80	CL	A-7-6(7)	42	23	19	23.46	1.0	Muy Rigida
4+735	4+985	0.80-1.50	CL	A-7-6(8)	44	26	18	18.79	1.4	Dura
8+015	8+015	0.60-1.50	CL	A-6(8)	40	25	15	17.96	1.5	Dura
8+265	8+515	0.00-0.90	ML	A-6(4)	39	26	13	15.12	1.8	Dura
9+265	9+515	0.40-1.50	ML	A-7-5(9)	43	30	13	17.59	2.0	Dura
9+755	10+005	0.30-1.50	CL	A-6(6)	34	23	11	15.29	1.7	Dura
11+505	11+755	0.00-0.20	CL	A-7-6(7)	41	24	17	15.78	1.5	Dura
12+275	12+275	0.00-1.50	CL	A-6(5)	36	24	12	22.44	1.1	Dura
12+525	12+775	0.30-1.50	CL	A-7-6(12)	44	26	18	19.46	1.4	Dura
12+795	13+045	0.20-1.50	ML	A-5(5)	45	34	11	17.93	2.5	Dura
17+515	17+765	0.00-0.70	CH	A-7-5(19)	59	30	29	31.49	0.9	Muy Rigida
17+765	18+015	0.30-1.50	CL	A-6(8)	38	24	14	23.16	1.1	Dura
18+015	18+245	0.00-1.50	CL	A-6(8)	37	21	16	21.3	1.0	Muy Rigida
18+725	18+975	0.30-1.50	ML	A-4(4)	29	23	6	19.28	1.6	Dura
18+975	19+225	0.00-1.50	CL	A-6(7)	34	21	13	17.16	1.3	Dura
19+985	20+225	0.80-1.50	CL	A-7-6(11)	43	26	17	15.57	1.6	Dura
20+225	20+475	0.20-1.50	CL	A-6(5)	34	23	11	13.3	1.9	Dura
20+720	20+965	0.50-1.50	CL	A-6(8)	39	24	15	26.27	0.8	Muy Rigida
21+200	21+435	0.00-1.50	CL	A-6(5)	34	22	12	11.17	1.9	Dura
21+435	21+710	0.00-1.50	CL	A-6(6)	37	24	13	14.24	1.8	Dura
21+710	21+980	0.30-1.50	CL	A-7-6(14)	48	26	22	23.91	1.1	Dura
21+980	22+220	0.30-1.50	CL	A-7-6(11)	41	25	16	18.78	1.4	Dura
22+220	22+465	0.60-1.50	CL	A-7-6(13)	45	26	19	12.03	1.7	Muy Rigida
22+465	22+715	0.10-1.050	CL	A-7-6(13)	44	23	21	26.75	0.8	Muy Rigida
22+965	23+215	0.00-1.50	CH	A-7-6(17)	53	28	25	19.75	1.3	Dura
23+215	23+465	0.40-1.50	CL	A-7-6(13)	46	27	19	15.98	1.6	Dura
24+220	24+470	0.40-1.50	ML	A-7-5(11)	46	30	16	14.3	2.0	Dura
24+470	24+725	0.00-1.50	CL	A-6(5)	36	23	13	13.24	1.8	Muy Rigida
24+725	24+975	0.30-1.50	CL	A-7-6(8)	42	25	17	21.47	1.2	Dura
25+205	25+455	0.60-1.50	CH	A-7-6(17)	53	27	26	25.79	1.0	Muy Rigida
25+975	26+225	0.50-1.50	MH	A-7-5(14)	56	39	17	29.51	1.6	Dura
27+005	27+255	0.40-1.50	CH	A-7-6(15)	52	28	24	30.44	0.9	Muy Rigida
27+505	27+755	0.20-1.50	CL	A-7-6(14)	48	27	21	24.88	1.1	Dura
27+755	28+005	0.40-1.50	CH	A-7-6(17)	54	29	25	31.87	0.9	Muy Rigida
28+255	28+505	0.20-0.60	ML	A-6(8)	39	28	11	12.54	2.4	Dura
28+505	28+755	0.30-1.50	CL	A-6(5)	35	24	11	11.37	2.1	Dura
28+755	29+000	0.40-1.50	CL	A-7-6(9)	42	24	18	26.28	0.9	Muy Rigida
33+755	34+005	0.70-1.50	CL	A-6(5)	34	20	14	6.54	2.0	Dura
34+235	34+485	0.40-1.50	ML	A-4(4)	34	24	10	7.26	2.7	Dura
35+415	35+665	0.40-1.50	CH	A-7-6(15)	51	28	23	25.33	1.1	Dura
35+665	35+915	0.40-1.50	CL	A-6(10)	37	23	14	22.15	1.1	Dura
35+915	36+165	0.20-1.50	CH	A-7-6(16)	52	28	24	29.5	0.9	Muy Rigida
36+415	36+665	0.30-1.50	CH	A-7-6(16)	51	27	24	26.14	1.0	Muy Rigida
38+665	38+915	0.20-1.50	CL	A-4(4)	29	19	10	10.17	1.9	Dura
38+915	39+165	0.40-1.50	CL	A-6(9)	37	24	13	13.16	1.8	Dura
39+415	39+665	0.40-1.50	CL	A-6(10)	38	22	16	27.45	0.7	Rigida
39+915	40+165	0.40-1.50	CL	A-7-6(13)	45	26	19	20.09	1.3	Dura
40+665	40+915	0.30-1.50	CL	A-7-6(14)	48	27	21	20.42	1.3	Dura
41+165	41+415	0.20-1.00	CL	A-6(10)	39	23	16	22.4	1.0	Muy Rigida
41+665	41+860	0.20-1.50	CL	A-6(9)	35	23	12	21.4	1.1	Dura
42+165	42+415	0.00-0.90	CL	A-4(3)	40	25	15	12.28	1.8	Dura
42+415	42+665	.040-1.50	CH	A-7-6(15)	50	28	22	15.34	1.6	Dura
43+915	44+165	0.30-1.20	CL	A-6(10)	38	24	14	17.22	1.5	Dura
51+165	51+415	0.00-1.50	CL	A-6(8)	35	22	13	10.91	1.9	Dura
52+165	52+415	0.00-1.50	CL	A-7-6(7)	41	25	16	20.34	1.3	Dura
52+915	53+165	0.40-1.50	CL	A-6(8)	37	23	14	17.95	1.4	Dura
55+915	56+165	0.30-1.50	CL	A-6(5)	34	23	11	13.56	1.9	Dura
57+665	57+915	0.40-1.20	ML	A-7-6(10)	42	29	13	13.62	2.2	Dura
57+915	58+165	0.40-1.50	CL	A-6(9)	37	24	13	14.54	1.7	Dura
59+165	59+415	0.50-1.50	CL	A-6(10)	38	24	14	16.07	1.6	Dura
59+665	59+915	0.60-1.50	CL	A-7-6(8)	41	25	16	20.14	1.3	Dura
60+415	60+915	0.40-0.90	ML	A-6(9)	38	26	12	21.09	1.4	Dura
60+665	60+915	0.30-1.50	CL	A-6(10)	34	20	14	16.29	1.3	Dura
61+165	61+415	0.40-1.50	CL	A-6(8)	34	20	14	25.15	0.6	Rigida
63+165	63+415	0.50-1.50	CL	A-6(7)	37	22	15	12.41	1.6	Dura
63+415	63+665	0.20-1.50	CL	A-6(10)	33	24	9	14.36	2.1	Dura
63+665	63+915	0.40-1.50	CL	A-6(7)	35	21	14	12.39	1.6	Dura
64+665	64+915	0.20-1.50	CL	A-6(9)	34	21	13	20.48	1.0	Muy Rigida
65+415	65+665	0.50-1.50	CL	A-6(8)	33	20	13	10.26	1.7	Dura
65+915	66+165	0.50-1.50	CL	A-6(9)	37	23	14	10.2	1.9	Dura
66+415	66+665	0.50-1.50	CL	A-6(4)	30	19	11	15.26	1.3	Dura
67+665	67+915	0.30-0.80	CL	A-6(9)	34	22	12	6.37	2.3	Dura
70+415	70+665	0.30-1.50	CL	A-6(6)	36	22	14	11.18	1.8	Dura
72+915	73+165	0.20-1.50	CL	A-7-6(13)	43	22	21	20.06	1.1	Dura
73+165	73+415	0.50-1.50	CL	A-7-6(9)	48	25	23	30.38	0.8	Muy Rigida
74+165	74+415	0.60-1.50	CL	A-6(5)	36	22	14	13.23	1.6	Dura
74+915	75+165	0.30-1.50	CL	A-7-6(6)	41	23	18	14.67	1.5	Muy Rigida
77+165	77+415	0.40-1.50	CL	A-6(9)	37	24	13	12.18	1.9	Dura
77+665	77+915	0.40-1.50	CL	A-6(4)	34	22	12	10.38	2.0	Dura
78+165	78+415	0.30-1.50	CL	A-6(8)	35	22	13	12.31	1.7	Dura
79+165	79+415	0.70-1.50	CL	A-6(6)	34	20	14	19.39	1.0	Muy Rigida
79+415	79+665	0.30-1.00	CL	A-6(5)	34	20	14	12.53	1.5	Dura
81+665	81+915	0.30-0.60	CL	A-6(8)	38	24	14	3.25	2.5	Dura

4.6.3 Expansividad del suelo

Los suelos cohesivos que se caracterizan por tener valores de los límites Líquidos por encima de 30% e Índices Plásticos mayores a 12% son potencialmente expansibles, según J. Jiménez Salas. Según el Criterio de W. G. Holts de identificación de arcillas expansivas, el Índice Plástico se correlaciona con el potencial de expansión de la manera que se indica a continuación:

POTENCIAL DE EXPANSION	INDICE PLASTICO
Muy Alto	>35
Alto	25-41
Medio	15-28
Bajo	<18

Figura 4.6-4 Expansividad del suelo

En el presente caso los límites líquidos de las arcillas varían entre 29% y 52% y los índices plásticos entre 11% y 24%, lo que indica un potencial de expansión medio. Una de las formas de evaluar la expansividad del subsuelo es mediante el Índice de Liquidez. El Índice de liquidez se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$I_{liq} = (w-LP)/IP$$

Cuando la humedad natural del suelo corresponde a un índice de liquidez igual o mayor a 0.2, el suelo aun siendo altamente plastico es de poca o nula expansion.

$$I_{liq} > 0.20 - \text{no expansivo}$$

En la tabla 4.6-5 siguiente se indican los valores del Índice de Liquidez calculados para los subsectores analizados:

Tabla 4.6-5
Potencial de expansión

SECTOR		PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	LIMITE LIQUIDO (%)	LIMITE PLASTICO (%)	INDICE PLASTICO (%)	HUMEDAD NATURAL (%)	I _{liq}	POTENCIAL DE EXPANSION
km	km									
4+015	4+265	0.00-1.50	ML	A-4(4)	37	29	8	19.25	-1.2	Bajo
4+735	4+985	0.20-0.80	CL	A-7-6(7)	42	23	19	23.46	0.0	Medio
4+735	4+985	0.80-1.50	CL	A-7-6(8)	44	26	18	18.79	-0.4	Medio
8+015	8+015	0.60-1.50	CL	A-6(8)	40	25	15	17.96	-0.5	Bajo
8+265	8+515	0.00-0.90	ML	A-6(4)	39	26	13	15.12	-0.8	Bajo
9+265	9+515	0.40-1.50	ML	A-7-5(9)	43	30	13	17.59	-1.0	Bajo
9+755	10+005	0.30-1.50	CL	A-6(6)	34	23	11	15.29	-0.7	Bajo
11+505	11+755	0.00-0.20	CL	A-7-6(7)	41	24	17	15.78	-0.5	Bajo
12+275	12+275	0.00-1.50	CL	A-6(5)	36	24	12	22.44	-0.1	Bajo
12+525	12+775	0.30-1.50	CL	A-7-6(12)	44	26	18	19.46	-0.4	Bajo
12+795	13+045	0.20-1.50	ML	A-5(5)	45	34	11	17.93	-1.5	Bajo
17+515	17+765	0.00-0.70	CH	A-7-5(19)	59	30	29	31.49	0.1	Alto
17+765	18+015	0.30-1.50	CL	A-6(8)	38	24	14	23.16	-0.1	Bajo
18+015	18+245	0.00-1.50	CL	A-6(8)	37	21	16	21.3	0.0	Bajo
18+725	18+975	0.30-1.50	ML	A-4(4)	29	23	6	19.28	-0.6	Bajo
18+975	19+225	0.00-1.50	CL	A-6(7)	34	21	13	17.16	-0.3	Bajo
19+985	20+225	0.80-1.50	CL	A-7-6(11)	43	26	17	15.57	-0.6	Bajo
20+225	20+475	0.20-1.50	CL	A-6(5)	34	23	11	13.3	-0.9	Bajo
20+720	20+965	0.50-1.50	CL	A-6(8)	39	24	15	26.27	0.2	Bajo
21+200	21+435	0.00-1.50	CL	A-6(5)	34	22	12	11.17	-0.9	Bajo
21+435	21+710	0.00-1.50	CL	A-6(6)	37	24	13	14.24	-0.8	Bajo
21+710	21+980	0.30-1.50	CL	A-7-6(14)	48	26	22	23.91	-0.1	Medio
21+980	22+220	0.30-1.50	CL	A-7-6(11)	41	25	16	18.78	-0.4	Bajo
22+220	22+465	0.60-1.50	CL	A-7-6(13)	45	26	19	12.03	-0.7	Medio
22+465	22+715	0.10-1.050	CL	A-7-6(13)	44	23	21	26.75	0.2	Medio
22+965	23+215	0.00-1.50	CH	A-7-6(17)	53	28	25	19.75	-0.3	Medio
23+215	23+465	0.40-1.50	CL	A-7-6(13)	46	27	19	15.98	-0.6	Medio
24+220	24+470	0.40-1.50	ML	A-7-5(11)	46	30	16	14.3	-1.0	Bajo
24+470	24+725	0.00-1.50	CL	A-6(5)	36	23	13	13.24	-0.8	Bajo
24+725	24+975	0.30-1.50	CL	A-7-6(8)	42	25	17	21.47	-0.2	Bajo
25+205	25+455	0.60-1.50	CH	A-7-6(17)	53	27	26	25.79	0.0	Medio
25+975	26+225	0.50-1.50	MH	A-7-5(14)	56	39	17	29.51	-0.6	Bajo
27+005	27+255	0.40-1.50	CH	A-7-6(15)	52	28	24	30.44	0.1	Medio
27+505	27+755	0.20-1.50	CL	A-7-6(14)	48	27	21	24.88	-0.1	Medio
27+755	28+005	0.40-1.50	CH	A-7-6(17)	54	29	25	31.87	0.1	Medio
28+255	28+505	0.20-0.60	ML	A-6(8)	39	28	11	12.54	-1.4	Bajo
28+505	28+755	0.30-1.50	CL	A-6(5)	35	24	11	11.37	-1.1	Bajo
28+755	29+000	0.40-1.50	CL	A-7-6(9)	42	24	18	26.28	0.1	Bajo
33+755	34+005	0.70-1.50	CL	A-6(5)	34	20	14	6.54	-1.0	Bajo
34+235	34+485	0.40-1.50	ML	A-4(4)	34	24	10	7.26	-1.7	Bajo
35+415	35+665	0.40-1.50	CH	A-7-6(15)	51	28	23	25.33	-0.1	Medio
35+665	35+915	0.40-1.50	CL	A-6(10)	37	23	14	22.15	-0.1	Bajo
35+915	36+165	0.20-1.50	CH	A-7-6(16)	52	28	24	29.5	0.1	Medio
36+165	36+665	0.30-1.50	CH	A-7-6(16)	51	27	24	26.14	0.0	Medio
38+665	38+915	0.20-1.50	CL	A-4(4)	29	19	10	10.17	-0.9	Bajo
38+915	39+165	0.40-1.50	CL	A-6(9)	37	24	13	13.16	-0.8	Bajo
39+165	39+665	0.40-1.50	CL	A-6(10)	38	22	16	27.45	0.3	Bajo
39+915	40+165	0.40-1.50	CL	A-7-6(13)	45	26	19	20.09	-0.3	Medio
40+665	40+915	0.30-1.50	CL	A-7-6(14)	48	27	21	20.42	-0.3	Medio
41+165	41+415	0.20-1.00	CL	A-6(10)	39	23	16	22.4	0.0	Bajo
41+665	41+860	0.20-1.50	CL	A-6(9)	35	23	12	21.4	-0.1	Bajo
42+165	42+415	0.00-0.90	CL	A-4(3)	40	25	15	12.28	-0.8	Bajo
42+415	42+665	0.40-1.50	CH	A-7-6(15)	50	28	22	15.34	-0.6	Medio
43+915	44+165	0.30-1.20	CL	A-6(10)	38	24	14	17.22	-0.5	Bajo
51+165	51+415	0.00-1.50	CL	A-6(8)	35	22	13	10.91	-0.9	Bajo
52+165	52+415	0.00-1.50	CL	A-7-6(7)	41	25	16	20.34	-0.3	Bajo
52+915	53+165	0.40-1.50	CL	A-6(8)	37	23	14	17.95	-0.4	Bajo
55+915	56+165	0.30-1.50	CL	A-6(5)	34	23	11	13.56	-0.9	Bajo
57+665	57+915	0.40-1.20	ML	A-7-6(10)	42	29	13	13.62	-1.2	Bajo
57+915	58+165	0.40-1.50	CL	A-6(9)	37	24	13	14.54	-0.7	Bajo
59+165	59+415	0.50-1.50	CL	A-6(10)	38	24	14	16.07	-0.6	Bajo
59+665	59+915	0.60-1.50	CL	A-7-6(8)	41	25	16	20.14	-0.3	Bajo
60+415	60+915	0.40-0.90	ML	A-6(9)	38	26	12	21.09	-0.4	Bajo
60+665	60+915	0.30-1.50	CL	A-6(10)	34	20	14	16.29	-0.3	Bajo
61+165	61+415	0.40-1.50	CL	A-6(8)	34	20	14	25.15	0.4	Bajo
63+165	63+415	0.50-1.50	CL	A-6(7)	37	22	15	12.41	-0.6	Bajo
63+415	63+665	0.20-1.50	CL	A-6(10)	33	24	9	14.36	-1.1	Bajo
63+665	63+915	0.40-1.50	CL	A-6(7)	35	21	14	12.39	-0.6	Bajo
64+665	64+915	0.20-1.50	CL	A-6(9)	34	21	13	20.48	0.0	Bajo
65+415	65+665	0.50-1.50	CL	A-6(6)	33	20	13	10.26	-0.7	Bajo
65+915	66+165	0.50-1.50	CL	A-6(9)	37	23	14	10.2	-0.9	Bajo
66+415	66+665	0.50-1.50	CL	A-6(4)	30	19	11	15.26	-0.3	Bajo
67+665	67+915	0.30-0.80	CL	A-6(9)	34	22	12	6.37	-1.3	Bajo
70+415	70+665	0.30-1.50	CL	A-6(6)	36	22	14	11.18	-0.8	Bajo
72+915	73+165	0.20-1.50	CL	A-7-6(13)	43	22	21	20.06	-0.1	Medio
73+165	73+415	0.50-1.50	CL	A-7-6(9)	48	25	23	30.38	0.2	Medio
74+165	74+415	0.60-1.50	CL	A-6(5)	36	22	14	13.23	-0.6	Bajo
74+915	75+165	0.30-1.50	CL	A-7-6(6)	41	23	18	14.67	-0.5	Bajo
77+165	77+415	0.40-1.50	CL	A-6(9)	37	24	13	12.18	-0.9	Bajo
77+665	77+915	0.40-1.50	CL	A-6(4)	34	22	12	10.38	-1.0	Bajo
78+165	78+415	0.30-1.50	CL	A-6(8)	35	22	13	12.31	-0.7	Bajo
79+165	79+415	0.70-1.50	CL	A-6(6)	34	20	14	19.39	0.0	Bajo
79+415	79+665	0.30-1.00	CL	A-6(5)	34	20	14	12.53	-0.5	Bajo
81+665	81+915	0.30-0.60	CL	A-6(8)	38	24	14	3.25	-1.5	Bajo

Todos los valores del Índice de Liquidez obtenidos son menores a 0.20 por lo que se les puede considerar como expansibles. El potencial de expansión se determinó en base a los valores del Índice Plástico. Para los sectores donde el suelo de la subrasante presenta un potencial de expansión mediano se propone realizar el mejoramiento del suelo. Las Especificaciones Generales (EG 2000, sección 205, subsección 205.08) consideran una profundidad de mejoramiento de 1 m. Sin embargo, en algunas exploraciones el estrato potencialmente expansible llega hasta la profundidad de investigación (1.50 m), por lo que se recomienda mejorar el suelo hasta esta profundidad en las progresivas indicadas. Durante la ejecución de la obra será necesario verificar la profundidad del estrato a mejorar. En la tabla 4.6-6 se presentan los sectores donde se debe aplicar el mejoramiento de la subrasante por la presencia de suelos potencialmente expansivos y la profundidad del mismo.

*Tabla 4.6-6
Mejoramiento de suelos potencialmente expansivos*

SECTOR		CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	POTENCIAL DE EXPANSION	LONGITUD (m)	PROFUNDIDAD DE MEJORAMIENTO (m)
km	km					
4+735	4+985	CL	A-7-6(7)	Medio	250	1.50
17+515	17+765	CH	A-7-5(19)	Alto	250	0.70
21+710	21+980	CL	A-7-6(14)	Medio	270	1.50
22+220	22+465	CL	A-7-6(13)	Medio	245	1.50
22+465	22+715	CL	A-7-6(13)	Medio	250	1.50
22+965	23+215	CH	A-7-6(17)	Medio	250	1.50
23+215	23+465	CL	A-7-6(13)	Medio	250	1.50
25+205	25+455	CH	A-7-6(17)	Medio	250	1.50
27+005	27+255	CH	A-7-6(15)	Medio	250	1.50
27+505	27+755	CL	A-7-6(14)	Medio	250	1.50
27+755	28+005	CH	A-7-6(17)	Medio	250	1.50
35+415	35+665	CH	A-7-6(15)	Medio	250	1.50
35+915	36+165	CH	A-7-6(16)	Medio	250	1.50
36+415	36+665	CH	A-7-6(16)	Medio	250	1.50
39+915	40+165	CL	A-7-6(13)	Medio	250	1.50
40+665	40+915	CL	A-7-6(14)	Medio	250	1.50
42+415	42+665	CH	A-7-6(15)	Medio	250	1.50
72+915	73+165	CL	A-7-6(13)	Medio	250	1.50
73+165	73+415	CL	A-7-6(9)	Medio	250	1.50

4.6.4 Compresibilidad del suelo

Las arcillas en general se caracterizan por su gran compresibilidad y poder de retención de agua. Esta propiedad de las arcillas puede ocasionar grandes problemas de deformación en la estructura del pavimento. La probabilidad de que un suelo cohesivo puede ser compresible se puede evaluar mediante la determinación del Índice de Compresión con la fórmula de Terzaghi y Peck siguiente:

$$C_c = 0.009(LL-10)$$

A continuación, se presenta la relación entre el Índice de Compresión y la compresibilidad de un suelo.

C_c	COMPRESIBILIDAD
0.00 - 0.19	Baja
0.20 - 0.39	Mediana
>0.40	Alta

Figura 4.6-5 Compresibilidad del suelo

Los valores del Índice de Compresión indican el grado mediano de compresibilidad, a excepción de las progresivas km 17+515 al km 17+765, km 25+975 al km 26+225 y km 27+755 al km 28+005 donde se han detectado suelos de la alta compresibilidad. En estas progresivas se propone mejorar el suelo de la subrasante.

Tabla 4.6-7

Valores índices de compresión

SECTOR		PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	LIMITE LIQUIDO (%)	LIMITE PLASTIC O (%)	INDICE PLASTICO (%)	HUMEDAD NATURAL (%)	C _c	COMPRESIBILIDAD
km	km									
4+015	4+265	0.00-1.50	ML	A-4(4)	37	29	8	19.25	0.24	Mediana
4+735	4+985	0.20-0.80	CL	A-7-6(7)	42	23	19	23.46	0.29	Mediana
4+735	4+985	0.80-1.50	CL	A-7-6(8)	44	26	18	18.79	0.31	Mediana
8+015	8+015	0.60-1.50	CL	A-6(8)	40	25	15	17.96	0.27	Mediana
8+265	8+515	0.00-0.90	ML	A-6(4)	39	26	13	15.12	0.26	Mediana
9+265	9+515	0.40-1.50	ML	A-7-5(9)	43	30	13	17.59	0.30	Mediana
9+755	10+005	0.30-1.50	CL	A-6(6)	34	23	11	15.29	0.22	Mediana
11+505	11+755	0.00-0.20	CL	A-7-6(7)	41	24	17	15.78	0.28	Mediana
12+275	12+275	0.00-1.50	CL	A-6(5)	36	24	12	22.44	0.23	Mediana
12+525	12+775	0.30-1.50	CL	A-7-6(12)	44	26	18	19.46	0.31	Mediana
12+795	13+045	0.20-1.50	ML	A-5(5)	45	34	11	17.93	0.32	Mediana
17+515	17+765	0.00-0.70	CH	A-7-5(19)	59	30	29	31.49	0.44	Alta
17+765	18+015	0.30-1.50	CL	A-6(8)	38	24	14	23.16	0.25	Mediana
18+015	18+245	0.00-1.50	CL	A-6(8)	37	21	16	21.3	0.24	Mediana
18+725	18+975	0.30-1.50	ML	A-4(4)	29	23	6	19.28	0.17	Baja
18+975	19+225	0.00-1.50	CL	A-6(7)	34	21	13	17.16	0.22	Mediana
19+985	20+225	0.80-1.50	CL	A-7-6(11)	43	26	17	15.57	0.30	Mediana
20+225	20+475	0.20-1.50	CL	A-6(5)	34	23	11	13.3	0.22	Mediana
20+720	20+965	0.50-1.50	CL	A-6(8)	39	24	15	26.27	0.26	Mediana
21+200	21+435	0.00-1.50	CL	A-6(5)	34	22	12	11.17	0.22	Mediana
21+435	21+710	0.00-1.50	CL	A-6(6)	37	24	13	14.24	0.24	Mediana
21+710	21+980	0.30-1.50	CL	A-7-6(14)	48	26	22	23.91	0.34	Mediana
21+980	22+220	0.30-1.50	CL	A-7-6(11)	41	25	16	18.78	0.28	Mediana
22+220	22+465	0.60-1.50	CL	A-7-6(13)	45	26	19	12.03	0.32	Mediana
22+465	22+715	0.10-1.050	CL	A-7-6(13)	44	23	21	26.75	0.31	Mediana
22+965	23+215	0.00-1.50	CH	A-7-6(17)	53	28	25	19.75	0.39	Mediana
23+215	23+465	0.40-1.50	CL	A-7-6(13)	46	27	19	15.98	0.32	Mediana
24+220	24+470	0.40-1.50	ML	A-7-5(11)	46	30	16	14.3	0.32	Mediana
24+470	24+725	0.00-1.50	CL	A-6(5)	36	23	13	13.24	0.23	Mediana
24+725	24+975	0.30-1.50	CL	A-7-6(8)	42	25	17	21.47	0.29	Mediana
25+205	25+455	0.60-1.50	CH	A-7-6(17)	53	27	26	25.79	0.39	Mediana
25+975	26+225	0.50-1.50	MH	A-7-5(14)	56	39	17	29.51	0.41	Alta
27+005	27+255	0.40-1.50	CH	A-7-6(15)	52	28	24	30.44	0.38	Mediana
27+505	27+755	0.20-1.50	CL	A-7-6(14)	48	27	21	24.88	0.34	Mediana
27+755	28+005	0.40-1.50	CH	A-7-6(17)	54	29	25	31.87	0.40	Alta
28+255	28+505	0.20-0.60	ML	A-6(8)	39	28	11	12.54	0.26	Mediana
28+505	28+755	0.30-1.50	CL	A-6(5)	35	24	11	11.37	0.23	Mediana
28+755	29+000	0.40-1.50	CL	A-7-6(9)	42	24	18	26.28	0.29	Mediana
33+755	34+005	0.70-1.50	CL	A-6(5)	34	20	14	6.54	0.22	Mediana
34+235	34+485	0.40-1.50	ML	A-4(4)	34	24	10	7.26	0.22	Mediana
35+415	35+665	0.40-1.50	CH	A-7-6(15)	51	28	23	25.33	0.37	Mediana
35+665	35+915	0.40-1.50	CL	A-6(10)	37	23	14	22.15	0.24	Mediana
35+915	36+165	0.20-1.50	CH	A-7-6(16)	52	28	24	29.5	0.38	Mediana
36+165	36+415	0.30-1.50	CH	A-7-6(16)	51	27	24	26.14	0.37	Mediana
38+665	38+915	0.20-1.50	CL	A-4(4)	29	19	10	10.17	0.17	Baja
38+915	39+165	0.40-1.50	CL	A-6(9)	37	24	13	13.16	0.24	Mediana
39+165	39+415	0.40-1.50	CL	A-6(10)	38	22	16	27.45	0.25	Mediana
39+415	40+165	0.40-1.50	CL	A-7-6(13)	45	26	19	20.09	0.32	Mediana
40+165	40+915	0.30-1.50	CL	A-7-6(14)	48	27	21	20.42	0.34	Mediana
41+165	41+415	0.20-1.00	CL	A-6(10)	39	23	16	22.4	0.26	Mediana
41+665	41+860	0.20-1.50	CL	A-6(9)	35	23	12	21.4	0.23	Mediana
42+165	42+415	0.00-0.90	CL	A-4(3)	40	25	15	12.28	0.27	Mediana
42+415	42+665	0.40-1.50	CH	A-7-6(15)	50	28	22	15.34	0.36	Mediana
43+915	44+165	0.30-1.20	CL	A-6(10)	38	24	14	17.22	0.25	Mediana
51+165	51+415	0.00-1.50	CL	A-6(8)	35	22	13	10.91	0.23	Mediana
52+165	52+415	0.00-1.50	CL	A-7-6(7)	41	25	16	20.34	0.28	Mediana
52+915	53+165	0.40-1.50	CL	A-6(8)	37	23	14	17.95	0.24	Mediana
55+915	56+165	0.30-1.50	CL	A-6(5)	34	23	11	13.56	0.22	Mediana
57+665	57+915	0.40-1.20	ML	A-7-6(10)	42	29	13	13.62	0.29	Mediana
57+915	58+165	0.40-1.50	CL	A-6(9)	37	24	13	14.54	0.24	Mediana
59+165	59+415	0.50-1.50	CL	A-6(10)	38	24	14	16.07	0.25	Mediana
59+665	59+915	0.60-1.50	CL	A-7-6(8)	41	25	16	20.14	0.28	Mediana
60+415	60+915	0.40-0.90	ML	A-6(9)	38	26	12	21.09	0.25	Mediana
60+665	60+915	0.30-1.50	CL	A-6(10)	34	20	14	16.29	0.22	Mediana
61+165	61+415	0.40-1.50	CL	A-6(8)	34	20	14	25.15	0.22	Mediana
63+165	63+415	0.50-1.50	CL	A-6(7)	37	22	15	12.41	0.24	Mediana
63+415	63+665	0.20-1.50	CL	A-6(10)	33	24	9	14.36	0.21	Mediana
63+665	63+915	0.40-1.50	CL	A-6(7)	35	21	14	12.39	0.23	Mediana
64+665	64+915	0.20-1.50	CL	A-6(9)	34	21	13	20.48	0.22	Mediana
65+415	65+665	0.50-1.50	CL	A-6(6)	33	20	13	10.26	0.21	Mediana
65+915	66+165	0.50-1.50	CL	A-6(9)	37	23	14	10.2	0.24	Mediana
66+415	66+665	0.50-1.50	CL	A-6(4)	30	19	11	15.26	0.18	Mediana
67+665	67+915	0.30-0.80	CL	A-6(9)	34	22	12	6.37	0.22	Mediana
70+415	70+665	0.30-1.50	CL	A-6(6)	36	22	14	11.18	0.23	Mediana
72+915	73+165	0.20-1.50	CL	A-7-6(13)	43	22	21	20.06	0.30	Mediana
73+165	73+415	0.50-1.50	CL	A-6(9)	48	25	23	30.38	0.34	Mediana
74+165	74+415	0.60-1.50	CL	A-6(5)	36	22	14	13.23	0.23	Mediana
77+165	77+415	0.40-1.50	CL	A-6(9)	37	24	13	12.18	0.24	Mediana
77+665	77+915	0.40-1.50	CL	A-6(4)	34	22	12	10.38	0.22	Mediana
78+165	78+415	0.30-1.50	CL	A-6(8)	35	22	13	12.31	0.23	Mediana
79+165	79+415	0.70-1.50	CL	A-6(6)	34	20	14	19.39	0.22	Mediana
79+415	79+665	0.30-1.00	CL	A-6(5)	34	20	14	12.53	0.22	Mediana
81+665	81+915	0.30-0.60	CL	A-6(8)	38	24	14	3.25	0.25	Mediana

Aquí se indican los sectores con alto índice de compresibilidad, en los cuales se debe aplicar el mejoramiento de la subrasante. La profundidad del mejoramiento ha sido definida en función al espesor del estrato calificado como altamente compresible.

Tabla 4.6-8**Mejoramiento de suelos con alta comprensibilidad**

SECTOR		CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	COMPRESIBILIDAD	LONGITUD (m)	PROFUNDIDAD DE MEJORAMIENTO (m)
km	km					
17+515	17+765	CH	A-7-5(19)	Alta	250	0.70
25+975	26+225	MH	A-7-5(14)	Alta	250	1.50
27+755	28+005	CH	A-7-6(17)	Alta	250	1.50

4.6.5 Sectores definidos para el mejoramiento

En la tabla 4.6-9 se presenta el resumen de los sectores recomendados para el mejoramiento del suelo de la subrasante, indicando los problemas que han motivado la necesidad del mejoramiento para cada caso.

En el caso de que existan dos tipos de problema que requieran el mejoramiento se considera la mayor profundidad de los dos.

El mejoramiento no se considerará en el caso que sobre alguno de estos sectores se construyera un relleno de más de 0.60 m de altura.

En la tabla 4.6-10 se indican las progresivas correspondientes a los sectores con rellenos cuya altura supera los 0.60 m, por lo cual en estas progresivas no se realizará el mejoramiento de suelos.

Tampoco se consideró el mejoramiento del suelo de la subrasante en las secciones donde el corte es mayor de 1.50 m y no se cuenta con la información sobre las características del suelo que yace a la profundidad mayor que la de investigación (1.50 m). En obra, en secciones de corte, una vez realizada la excavación, se deberá evaluar el tipo del suelo de la subrasante y analizar la necesidad del mejoramiento.

Tabla 4.6-9

Sectores definidos para el mejoramiento

SECTOR		CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	LONGITUD (m)	PROFUNDIDAD DE MEJORAMIENTO (m)	ANCHO DE LA PLATAFORMA (m)	CAUSA DE MEJORAMIENTO
km	km						
4+015	4+265	ML	A-4(4)	250	0.50	9.81	CBR
4+735	4+985	CL	A-7-6(7), A-7-6(8)	250	1.50	9.97	CBR, EXPANSIVIDAD
8+015	8+265	CL	A-6(8)	250	0.50	9.71	CBR
8+265	8+515	ML	A-6(4)	250	0.50	10.80	CBR
9+265	9+515	ML	A-7-5(9)	250	0.50	10.90	CBR
9+755	10+005	CL	A-6(6)	250	0.50	9.13	CBR
11+505	11+755	CL	A-7-6(7)	250	0.50	10.20	CBR
12+275	12+525	CL	A-6(5)	250	0.50	9.33	CBR
12+525	12+775	CL	A-7-6(12)	250	0.50	10.80	CBR
12+795	13+045	ML	A-5(5)	250	0.50	10.78	CBR
17+515	17+765	CH	A-7-5(19)	250	0.70	10.69	CBR, EXPANSIVIDAD, COMPRESIBILIDAD
17+765	18+015	CL	A-6(8)	250	0.50	10.33	CBR
18+015	18+245	CL	A-6(8)	230	0.50	9.90	CBR
18+725	18+975	ML	A-4(4)	250	0.50	9.69	CBR
18+975	19+225	CL	A-6(7)	250	0.50	9.99	CBR
19+985	20+225	CL	A-7-6(11)	240	0.50	10.12	CBR
20+225	20+475	CL	A-6(5)	250	0.50	9.67	CBR
20+720	20+965	CL	A-6(8)	240	0.50	9.85	CBR
21+200	21+435	CL	A-6(5)	235	0.50	10.42	CBR
21+435	21+710	CL	A-6(6)	275	0.50	10.81	CBR
21+710	21+980	CL	A-7-6(14)	270	1.50	10.17	CBR, EXPANSIVIDAD
21+980	22+220	CL	A-7-6(11)	240	0.50	10.39	CBR
22+220	22+465	CL	A-7-6(13)	245	1.50	10.57	CBR, EXPANSIVIDAD
22+465	22+715	CL	A-7-6(13)	250	1.50	9.51	CBR, EXPANSIVIDAD
22+965	23+215	CH	A-7-6(17)	250	1.50	9.72	CBR, EXPANSIVIDAD
23+215	23+465	CL	A-7-6(13)	250	1.50	9.92	CBR, EXPANSIVIDAD
24+220	24+470	ML	A-7-5(11)	250	0.50	10.10	CBR
24+470	24+725	CL	A-6(5)	255	0.50	9.35	CBR
24+725	24+975	CL	A-7-6(8)	250	0.50	9.77	CBR
25+205	25+455	CH	A-7-6(17)	250	1.50	11.00	CBR, EXPANSIVIDAD
25+975	26+225	MH	A-7-5(14)	250	1.50	9.19	CBR, COMPRESIBILIDAD
27+005	27+255	CH	A-7-6(15)	250	1.50	9.62	CBR, EXPANSIVIDAD
27+505	27+755	CL	A-7-6(14)	250	1.50	9.63	CBR, EXPANSIVIDAD
27+755	28+005	CH	A-7-6(17)	250	1.50	9.76	CBR, EXPANSIVIDAD, COMPRESIBILIDAD
28+255	28+505	ML	A-6(8)	250	0.50	9.38	CBR
28+505	28+755	CL	A-6(5)	250	0.50	9.28	CBR
28+755	29+000	CL	A-7-6(9)	245	0.50	9.15	CBR
33+755	34+005	CL	A-6(5)	250	0.50	9.97	CBR
34+235	34+485	ML	A-4(4)	250	0.50	9.99	CBR
35+415	35+665	CH	A-7-6(15)	250	1.50	9.73	CBR, EXPANSIVIDAD
35+665	35+915	CL	A-6(10)	250	0.50	10.11	CBR
35+915	36+165	CH	A-7-6(16)	250	1.50	10.33	CBR, EXPANSIVIDAD
36+415	36+665	CH	A-7-6(16)	250	1.50	11.24	CBR, EXPANSIVIDAD
38+665	38+915	CL	A-4(4)	250	0.50	10.91	CBR
38+915	39+165	CL	A-6(9)	250	0.50	10.43	CBR
39+415	39+665	CL	A-6(10)	250	0.50	10.83	CBR
39+915	40+165	CL	A-7-6(13)	250	1.50	10.63	CBR, EXPANSIVIDAD
40+665	40+915	CL	A-7-6(14)	250	1.50	10.06	CBR, EXPANSIVIDAD
41+165	41+415	CL	A-6(10)	250	0.50	10.12	CBR
41+665	41+915	CL	A-6(9)	250	0.50	11.24	CBR
42+165	42+415	CL	A-4(3)	250	0.50	10.02	CBR
42+415	42+665	CH	A-7-6(15)	250	1.50	9.61	CBR, EXPANSIVIDAD
43+915	44+165	CL	A-6(10)	250	0.50	10.07	CBR
51+165	51+415	CL	A-6(8)	250	0.50	11.24	CBR
52+165	52+415	CL	A-7-6(7)	250	0.50	10.58	CBR
52+915	53+165	CL	A-6(8)	250	0.50	11.24	CBR
55+915	56+165	CL	A-6(5)	250	0.50	11.24	CBR
57+665	57+915	ML	A-7-6(10)	250	0.50	12.83	CBR
57+915	58+165	CL	A-6(9)	250	0.50	10.43	CBR
59+165	59+415	CL	A-6(10)	250	0.50	11.10	CBR
59+665	59+915	CL	A-7-6(8)	250	0.50	11.08	CBR
60+415	60+665	ML	A-6(9)	250	0.50	11.24	CBR
60+665	60+915	CL	A-6(10)	250	0.50	10.44	CBR
61+165	61+415	CL	A-6(8)	250	0.50	11.15	CBR
63+165	63+415	CL	A-6(7)	250	0.50	10.78	CBR
63+415	63+665	CL	A-6(10)	250	0.50	10.02	CBR
63+665	63+915	CL	A-6(7)	250	0.50	10.63	CBR
64+665	64+915	CL	A-6(9)	250	0.50	12.70	CBR
65+415	65+665	CL	A-6(6)	250	0.50	12.84	CBR
65+915	66+165	CL	A-6(9)	250	0.50	10.01	CBR
66+415	66+665	CL	A-6(4)	250	0.50	12.44	CBR
67+665	67+915	CL	A-6(9)	250	0.50	11.24	CBR
70+415	70+665	CL	A-6(6)	250	0.50	9.82	CBR
72+915	73+165	CL	A-7-6(13)	250	1.50	10.02	CBR, EXPANSIVIDAD
73+165	73+415	CL	A-7-6(9)	250	1.50	10.00	CBR, EXPANSIVIDAD
74+165	74+415	CL	A-6(5)	250	0.50	10.23	CBR
74+915	75+165	CL	A-7-6(6)	250	0.50	10.02	CBR
77+165	77+415	CL	A-6(9)	250	0.50	9.40	CBR
77+665	77+915	CL	A-6(4)	250	0.50	9.61	CBR
78+165	78+415	CL	A-6(8)	250	0.50	11.24	CBR
79+165	79+415	CL	A-6(6)	250	0.50	10.02	CBR
79+415	79+665	CL	A-6(5)	250	0.50	11.24	CBR
81+665	81+915	CL	A-6(8)	250	0.50	9.82	CBR

Tabla 4.6-10

secciones donde no se aplica el mejoramiento

SECTOR DE MEJORAMIENTO		SECCION (km)	COTA SUBRASANTE (msnm)	COTA TERRENO (msnm)	DIFERENCIA DE COTAS (m)		
km	km						
21+200	21+435	21+360	2580.99	2579.68	1.31		
		21+380	2581.02	2579.35	1.67		
		21+390	2581.00	2579.36	1.64		
		23+070	2617.12	2615.59	1.53		
		23+080	2617.72	2616.04	1.68		
		23+090	2618.32	2616.66	1.66		
		25+205	25+455	25+210	2573.61	2571.20	2.41
				25+220	2573.44	2571.14	2.3
				25+230	2573.28	2571.10	2.18
	25+240	2573.14		2571.13	2.01		
	25+250	2573.02		2571.07	1.95		
	25+260	2572.91		2571.05	1.86		
	25+290	2572.71		2571.22	1.49		
	25+320	2572.67		2571.12	1.55		
	25+330	2572.69		2571.05	1.64		
	25+340	2572.7		2570.99	1.71		
	25+360	2572.73	2571.10	1.63			
	25+380	2572.76	2571.19	1.57			
25+975	26+225	25+980	2573.66	2570.85	2.81		
		25+990	2573.68	2570.85	2.83		
		26+000	2573.69	2570.92	2.77		
		26+040	2573.75	2571.08	2.67		
		26+060	2573.78	2571.12	2.66		
		26+080	2573.81	2571.18	2.63		
		26+100	2573.84	2571.53	2.31		
		26+120	2573.87	2571.86	2.01		
		26+130	2573.89	2572.06	1.83		
		26+140	2573.91	2572.19	1.72		
		26+160	2573.94	2572.46	1.48		
		26+180	2573.97	2572.79	1.18		
			25+200	2574.00	2573.14	0.86	
			26+220	2574.03	2573.22	0.81	
77+665	77+915	77+660	1076.54	1075.27	1.27		
		77+670	1076.88	1075.59	1.29		
		77+680	1077.21	1075.94	1.27		
		77+690	1077.56	1076.36	1.2		
		77+700	1077.88	1076.79	1.09		
		77+720	1078.5	1077.69	0.81		

4.7 Discusión de los resultados

En los sectores km 0+000 – km 17+285, km 30+000 – km 35+415, km 44+165 – km 51+165 y km 62+165 – km 91+620 el suelo de la sub-rasante está compuesto, predominantemente, por suelos granulares gruesos clasificados como GP, GM, GC y GM-GC, en estado medianamente denso a denso.

En los sectores km 17+285 – km 30+000, km 35+415 – km 44+165 y km 51+165 – km 62+165 el suelo predominante de la subrasante es suelo fino, cohesivo, clasificado como CL, ML y CH, en estado medianamente compacto.

Los valores de CBR de la subrasante varían entre 25% y 66% para suelos granulares y entre 5% y 15% para los suelos finos plásticos. Estos valores han sido determinados al 95% de la densidad máxima seca del Proctor modificado

En términos generales, en el 65%, aproximadamente, de la longitud de la carretera el subsuelo se caracteriza por una capacidad soporte buena.

En el 36% de las calicatas se encontró roca a la profundidad mínima de 0.20 m y máxima de 1.40 m. En la tabla 4.7-1 se presenta la relación de las calicatas donde se ubicó el manto rocoso y la profundidad respectiva.

Tabla 4.7-1
ubicación del manto rocoso en calicatas

CALICATA N°	UBICACIÓN (km)	PROFUNDIDAD DEL MANTO ROCOSO (m)	CALICATA N°	UBICACIÓN (km)	PROFUNDIDAD DEL MANTO ROCOSO (m)	CALICATA N°	UBICACIÓN (km)	PROFUNDIDAD DEL MANTO ROCOSO (m)
C-1	0+010	0.90	C-133	32+800	0.80	C-316	78+540	0.70
C-3	0+470	0.40	C-135	33+420	0.70	C-317	78+790	0.40
C-4	0+720	0.70	C-138	34+130	0.70	C-318	79+040	1.30
C-6	1+230	1.10	C-141	34+800	0.80	C-320	79+540	1.00
C-7	1+480	1.00	C-178	44+040	1.20	C-321	79+790	0.30
C-9	1+960	0.60	C-180	44+540	0.30	C-322	80+040	1.10
C-10	2+210	0.40	C-184	45+540	0.20	C-323	80+290	0.50
C-12	2+700	1.20	C-185	45+790	0.40	C-324	80+540	1.00
C-13	2+920	0.50	C-187	46+290	0.40	C-327	81+290	0.40
C-14	3+170	0.60	C-190	47+040	1.20	C-328	81+540	0.40
C-15	3+400	0.40	C-191	47+290	0.40	C-329	81+790	0.60
C-16	3+650	0.70	C-192	47+540	0.40	C-330	82+040	1.30
C-17	3+900	1.40	C-193	47+790	0.30	C-331	82+290	0.80
C-20	4+610	1.10	C-194	48+040	1.00	C-332	82+540	0.30
C-22	5+110	1.20	C-197	48+790	0.60	C-333	82+790	0.30
C-23	5+360	1.20	C-198	49+040	1.20	C-335	83+290	0.80
C-24	5+610	0.40	C-199	49+290	1.00	C-336	83+540	0.40
C-28	6+640	1.00	C-208	51+540	0.60	C-337	83+790	0.80
C-30	7+140	0.70	C-218	54+040	0.80	C-338	84+040	1.40
C-31	7+390	1.30	C-224	55+540	0.80	C-340	84+540	1.10
C-32	7+640	0.80	C-248	61+540	1.20	C-341	84+790	0.40
C-35	8+390	0.90	C-251	62+290	1.10	C-342	85+040	1.20
C-36	8+640	1.10	C-263	65+290	0.70	C-343	85+290	0.70
C-38	9+140	1.00	C-267	66+290	0.60	C-344	85+540	0.70
C-42	10+140	0.60	C-278	69+040	0.70	C-345	85+790	0.80
C-43	10+370	1.00	C-280	69+540	1.10	C-346	86+040	1.30
C-44	10+620	1.20	C-282	70+040	1.00	C-347	86+290	0.60
C-47	11+380	0.60	C-288	71+540	1.20	C-348	86+540	0.80
C-55	13+400	1.10	C-291	72+290	1.30	C-349	86+790	0.40
C-56	13+640	0.50	C-292	72+540	0.40	C-350	87+040	1.10
C-59	14+390	0.90	C-293	72+790	1.20	C-351	87+290	0.80
C-60	14+630	0.70	C-296	73+540	0.20	C-352	87+540	0.60
C-66	16+130	0.80	C-298	74+040	0.40	C-353	87+790	0.70
C-67	16+380	1.00	C-300	74+540	0.90	C-354	88+040	0.80
C-68	16+630	0.60	C-301	74+790	1.20	C-355	88+290	0.50
C-72	17+640	0.70	C-303	75+290	1.10	C-357	88+790	0.50
C-75	18+350	0.50	C-304	75+540	0.50	C-359	89+290	0.40
C-80	19+600	1.00	C-305	75+790	1.10	C-360	89+540	0.60
C-105	25+850	1.20	C-306	76+040	1.00	C-362	90+040	0.70
C-119	29+350	0.30	C-307	76+290	1.00	C-363	90+290	0.50
C-121	29+860	1.20	C-308	76+540	0.50	C-364	90+540	0.80
C-125	30+870	1.40	C-309	76+790	0.50	C-365	90+790	0.60
C-126	31+130	1.30	C-310	77+040	0.80	C-367	91+290	1.30

En los sectores donde el corte llegue hasta la roca se sobre excavará hasta 0.15 m por debajo de las cotas de sub-rasante y dicha área se deberá rellenar, conformar y compactar con material seleccionado proveniente de las excavaciones o con material de cantera, el que deberá tener las características de un material de corona del terraplén, de acuerdo con lo señalado en las especificaciones técnicas generales para Construcción (EG-2000). Sección 205.08 Excavación, En la progresiva km 31+130 a la profundidad de 1.30 m se ha detectado presencia de la napa freática. Deberá tenerse en consideración las recomendaciones de los estudios hidrológicos y drenaje del proyecto durante la ejecución de la estructura del pavimento

Se identificaron tres (03) sectores con suelos altamente compresibles, los que tiene que recibir el mejoramiento de la subrasante hasta la profundidad indicada en la tabla siguiente.

Tabla 4.7-2
Mejoramiento de suelos con alta compresibilidad

SECTOR		CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	COMPRESIBILIDAD	LONGITUD (m)	PROFUNDIDAD DE MEJORAMIENTO (m)
km	km					
17+515	17+765	CH	A-7-5(19)	Alta	250	0.70
25+975	26+225	MH	A-7-5(14)	Alta	250	1.50
27+755	28+005	CH	A-7-6(17)	Alta	250	1.50

En algunos sectores, los que se indican en la tabla 4.7-3, se recomienda mejorar el suelo de la sub-rasante hasta la profundidad indicada.

Tabla 4.7-3
Sectores definidos para el mejoramiento

SECTOR		CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	LONGITUD (m)	PROFUNDIDAD DE MEJORAMIENTO (m)	ANCHO DE LA PLATAFORMA (m)	CAUSA DE MEJORAMIENTO
km	km						
4+015	4+265	ML	A-4(4)	250	0.50	9.81	CBR
4+735	4+985	CL	A-7-6(7), A-7-6(8)	250	1.50	9.97	CBR, EXPANSIVIDAD
8+015	8+265	CL	A-6(8)	250	0.50	9.71	CBR
8+265	8+515	ML	A-6(4)	250	0.50	10.80	CBR
9+265	9+515	ML	A-7-5(9)	250	0.50	10.90	CBR
9+755	10+005	CL	A-6(6)	250	0.50	9.13	CBR
11+505	11+755	CL	A-7-6(7)	250	0.50	10.20	CBR
12+275	12+525	CL	A-6(5)	250	0.50	9.33	CBR
12+525	12+775	CL	A-7-6(12)	250	0.50	10.80	CBR
12+795	13+045	ML	A-5(5)	250	0.50	10.78	CBR
17+515	17+765	CH	A-7-5(19)	250	0.70	10.69	CBR, EXPANSIVIDAD, COMPRESIBILIDAD
17+765	18+015	CL	A-6(8)	250	0.50	10.33	CBR
18+015	18+245	CL	A-6(8)	230	0.50	9.90	CBR
18+725	18+975	ML	A-4(4)	250	0.50	9.69	CBR
18+975	19+225	CL	A-6(7)	250	0.50	9.99	CBR
19+985	20+225	CL	A-7-6(11)	240	0.50	10.12	CBR
20+225	20+475	CL	A-6(5)	250	0.50	9.67	CBR
20+720	20+965	CL	A-6(8)	240	0.50	9.85	CBR
21+200	21+435	CL	A-6(5)	235	0.50	10.42	CBR
21+435	21+710	CL	A-6(6)	275	0.50	10.81	CBR
21+710	21+980	CL	A-7-6(14)	270	1.50	10.17	CBR, EXPANSIVIDAD
21+980	22+220	CL	A-7-6(11)	240	0.50	10.39	CBR
22+220	22+465	CL	A-7-6(13)	245	1.50	10.57	CBR, EXPANSIVIDAD
22+465	22+715	CL	A-7-6(13)	250	1.50	9.51	CBR, EXPANSIVIDAD
22+965	23+215	CH	A-7-6(17)	250	1.50	9.72	CBR, EXPANSIVIDAD
23+215	23+465	CL	A-7-6(13)	250	1.50	9.92	CBR, EXPANSIVIDAD
24+220	24+470	ML	A-7-5(11)	250	0.50	10.10	CBR
24+470	24+725	CL	A-6(5)	255	0.50	9.35	CBR
24+725	24+975	CL	A-7-6(8)	250	0.50	9.77	CBR
25+205	25+455	CH	A-7-6(17)	250	1.50	11.00	CBR, EXPANSIVIDAD
25+975	26+225	MH	A-7-5(14)	250	1.50	9.19	CBR, COMPRESIBILIDAD
27+005	27+255	CH	A-7-6(15)	250	1.50	9.62	CBR, EXPANSIVIDAD
27+505	27+755	CL	A-7-6(14)	250	1.50	9.63	CBR, EXPANSIVIDAD
27+755	28+005	CH	A-7-6(17)	250	1.50	9.76	CBR, EXPANSIVIDAD, COMPRESIBILIDAD
28+255	28+505	ML	A-6(8)	250	0.50	9.38	CBR
28+505	28+755	CL	A-6(5)	250	0.50	9.28	CBR
28+755	29+000	CL	A-7-6(9)	245	0.50	9.15	CBR
33+755	34+005	CL	A-6(5)	250	0.50	9.97	CBR
34+235	34+485	ML	A-4(4)	250	0.50	9.99	CBR
35+415	35+665	CH	A-7-6(15)	250	1.50	9.73	CBR, EXPANSIVIDAD
35+665	35+915	CL	A-6(10)	250	0.50	10.11	CBR
35+915	36+165	CH	A-7-6(16)	250	1.50	10.33	CBR, EXPANSIVIDAD
36+415	36+665	CH	A-7-6(16)	250	1.50	11.24	CBR, EXPANSIVIDAD
38+665	38+915	CL	A-4(4)	250	0.50	10.91	CBR
38+915	39+165	CL	A-6(9)	250	0.50	10.43	CBR
39+415	39+665	CL	A-6(10)	250	0.50	10.83	CBR
39+915	40+165	CL	A-7-6(13)	250	1.50	10.63	CBR, EXPANSIVIDAD
40+665	40+915	CL	A-7-6(14)	250	1.50	10.06	CBR, EXPANSIVIDAD
41+165	41+415	CL	A-6(10)	250	0.50	10.12	CBR
41+665	41+915	CL	A-6(9)	250	0.50	11.24	CBR
42+165	42+415	CL	A-4(3)	250	0.50	10.02	CBR
42+415	42+665	CH	A-7-6(15)	250	1.50	9.61	CBR, EXPANSIVIDAD
43+915	44+165	CL	A-6(10)	250	0.50	10.07	CBR
51+165	51+415	CL	A-6(8)	250	0.50	11.24	CBR
52+165	52+415	CL	A-7-6(7)	250	0.50	10.58	CBR
52+915	53+165	CL	A-6(8)	250	0.50	11.24	CBR
55+915	56+165	CL	A-6(5)	250	0.50	11.24	CBR
57+665	57+915	ML	A-7-6(10)	250	0.50	12.83	CBR
57+915	58+165	CL	A-6(9)	250	0.50	10.43	CBR
59+165	59+415	CL	A-6(10)	250	0.50	11.10	CBR
59+665	59+915	CL	A-7-6(8)	250	0.50	11.08	CBR
60+415	60+665	ML	A-6(9)	250	0.50	11.24	CBR
60+665	60+915	CL	A-6(10)	250	0.50	10.44	CBR
61+165	61+415	CL	A-6(8)	250	0.50	11.15	CBR
63+165	63+415	CL	A-6(7)	250	0.50	10.78	CBR
63+415	63+665	CL	A-6(10)	250	0.50	10.02	CBR
63+665	63+915	CL	A-6(7)	250	0.50	10.63	CBR
64+665	64+915	CL	A-6(9)	250	0.50	12.70	CBR
65+415	65+665	CL	A-6(6)	250	0.50	12.84	CBR
65+915	66+165	CL	A-6(9)	250	0.50	10.01	CBR
66+415	66+665	CL	A-6(4)	250	0.50	12.44	CBR
67+665	67+915	CL	A-6(9)	250	0.50	11.24	CBR
70+415	70+665	CL	A-6(6)	250	0.50	9.82	CBR
72+915	73+165	CL	A-7-6(13)	250	1.50	10.02	CBR, EXPANSIVIDAD
73+165	73+415	CL	A-7-6(9)	250	1.50	10.00	CBR, EXPANSIVIDAD
74+165	74+415	CL	A-6(5)	250	0.50	10.23	CBR
74+915	75+165	CL	A-7-6(6)	250	0.50	10.02	CBR
77+165	77+415	CL	A-6(9)	250	0.50	9.40	CBR
77+665	77+915	CL	A-6(4)	250	0.50	9.61	CBR
78+165	78+415	CL	A-6(8)	250	0.50	11.24	CBR
79+165	79+415	CL	A-6(6)	250	0.50	10.02	CBR
79+415	79+665	CL	A-6(5)	250	0.50	11.24	CBR
81+665	81+915	CL	A-6(8)	250	0.50	9.82	CBR

No se aplicará el mejoramiento de suelos en las secciones donde la altura del relleno es mayor de 0.60 m. Las progresivas de estas secciones se indican en la tabla 4.7-4.

Tabla 4.7-4

Secciones donde no se aplica el mejoramiento

SECTOR DE MEJORAMIENTO		SECCION (km)	COTA SUBRASANTE (msnm)	COTA TERRENO (msnm)	DIFERENCIA DE COTAS (m)	
km	km					
21+200	21+435	21+360	2580.99	2579.68	1.31	
		21+380	2581.02	2579.35	1.67	
		21+390	2581.00	2579.36	1.64	
			23+070	2617.12	2615.59	1.53
			23+080	2617.72	2616.04	1.68
			23+090	2618.32	2616.66	1.66
	25+205	25+455	25+210	2573.61	2571.20	2.41
			25+220	2573.44	2571.14	2.3
			25+230	2573.28	2571.10	2.18
25+240			2573.14	2571.13	2.01	
25+250			2573.02	2571.07	1.95	
25+260			2572.91	2571.05	1.86	
25+290			2572.71	2571.22	1.49	
25+320			2572.67	2571.12	1.55	
25+330			2572.69	2571.05	1.64	
25+340			2572.7	2570.99	1.71	
25+975	26+225	25+360	2572.73	2571.10	1.63	
		25+380	2572.76	2571.19	1.57	
		25+980	2573.66	2570.85	2.81	
		25+990	2573.68	2570.85	2.83	
		26+000	2573.69	2570.92	2.77	
		26+040	2573.75	2571.08	2.67	
		26+060	2573.78	2571.12	2.66	
		26+080	2573.81	2571.18	2.63	
		26+100	2573.84	2571.53	2.31	
		26+120	2573.87	2571.86	2.01	
		26+130	2573.89	2572.06	1.83	
77+665	77+915	26+140	2573.91	2572.19	1.72	
		26+160	2573.94	2572.46	1.48	
		26+180	2573.97	2572.79	1.18	
		25+200	2574.00	2573.14	0.86	
		26+220	2574.03	2573.22	0.81	
		77+660	1076.54	1075.27	1.27	
		77+670	1076.88	1075.59	1.29	
		77+680	1077.21	1075.94	1.27	
77+690	1077.56	1076.36	1.2			
		77+700	1077.88	1076.79	1.09	
		77+720	1078.5	1077.69	0.81	

Durante la ejecución de la obra será necesario verificar la profundidad de mejoramiento del estrato potencialmente expansible.

CONCLUSIONES

1. La influencia de los estudios del suelo de la subrasante para el diseño del pavimento de la carretera Cochabamba – Capilla – Chiple fueron evaluados para considerar las condiciones de soporte de las mismas y para determinar la necesidad de su mejoramiento, en el caso que sus características no reunieron las condiciones para soportar un paquete estructural del pavimento técnico y sea económicamente viable, se evaluó las recomendaciones de acuerdo a las especificaciones técnicas.
2. Se determinó las propiedades físicas del suelo identificando que al inicio el pavimento fue construido a nivel de afirmado, encontrándose al momento del estudio una rodadura que carece de afirmado, se observó que algunos sectores tenían material granular grueso de 3” a 8”, por lo que el estado de la carretera en la mayor parte del tramo se calificó de regular a malo. Así mismo, la superficie de la rodadura se encontró deteriorada presentando baches, encalaminados y ahuellamientos producidos por el tránsito y falta de mantenimiento. La profundidad máxima de ahuellamientos llegó hasta 15 cm. Esto se agravó por el mal funcionamiento de los drenajes y el bombeo perdido, también existió algunas cunetas colmatadas por sectores, todo ello produjo acumulación de agua pluvial en la superficie formando surcos al eje de la carretera, esto determinó que la transitabilidad sea mala.
3. El resultado de la evaluación de las propiedades mecánicas del suelo en estudio evidenció que no existió presencia de material orgánico en los tramos analizados. Se definió el espesor de mejoramiento siendo el mayor de 24 cm, sin embargo, teniendo en cuenta que los valores de CBR se hizo a 2km y que existiendo la probabilidad de que algunos sectores la CBR sea menor que los cálculos de espesor, se le aplicó un espesor de 0.50m. Así también los índices de consistencia de los suelos cohesivos se caracterizó por tener consistencia dura o muy rígida (0.75-1.00). La

expansividad del suelo dio a conocer que los límites líquidos de las arcillas vario de 29% a 52% y los límites plásticos de 10% a 24%, con lo que se concluyó tienen expansión media. Los límites de liquidez resultaron valores menores a 0.20 por lo que se consideró expansibles. El índice de compresibilidad del suelo indico un grado mediano, pero en los kilómetros 17, 25, 27 y 28 se detectó suelos con alta compresibilidad.

4. Por el método ASSHTO y SUCS, se obtuvo la clasificación del suelo, obteniéndose 2 o más tipos, predominantemente por suelos granulares gruesos clasificados como GP, GM, GC y GM-GC, en estado medianamente denso a denso.

En los otros sectores el suelo predominante de la subrasante fue suelo fino, cohesivo, clasificado como CL, ML y CH, en estado medianamente compactado.

Los valores de CBR de la subrasante variaron entre 25% y 66% para suelos granulares y entre 5% y 15% para los suelos finos plásticos. Estos valores fueron determinados al 95% de la densidad máxima seca del Proctor modificado.

En términos generales, en el 65%, aproximadamente, de la longitud de la carretera el subsuelo se caracterizó por una capacidad soporte buena. En el 36% de las calicatas se encontró roca a la profundidad mínima de 0.20 m y máxima de 1.40 m.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la implementación de los sistemas de drenaje y acciones geotécnicas señaladas en los estudios correspondientes.
2. Es recomendable que antes de colocar el material de afirmado, o capa granular sobre la subrasante, debe tener especial cuidado en eliminar todo tipo de material extraño.
3. Es recomendable que todo material orgánico o suelo orgánico sea eliminado a fin de garantizar la calidad de la obra, y reemplazado con material de la subrasante.
4. Se recomienda que el espesor de la capa de afirmado no deberá ser menor a 0.15 y el grado de compactación de la capa de afirmado deberá ser del 100% de su máxima densidad seca del Proctor modificado en cumplimiento con la Norma ASTM D-1556.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Robert L. Peurifoy-, Clifford J Schexnayder and Aviad Shapira (2011). Construction Planning, Equipment and Methods. 8th Edition-Inventory.
2. Braja M. Das (2001). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. 1era Edición Thomson Editores.
3. Caterpillar (2000). Manual de Rendimiento. 31ava Edición editada por Caterpillar Inc., Peoria, Illinois, EE.UU.
4. Cherné Tarilonte Juan, González Aguilar Andrés. Construcciones Industriales, Movimiento de tierras. En línea Internet. 15 de octubre de 2010. Accesible en <http://www.scribd.com/doc/16562299/Movimiento-de-Tierras>
5. Esteve Parda Rafael M.G., Esteve González Rafael. Conceptos Generales sobre Movimiento de tierras. En línea Internet. 15 de octubre de 2010. Accesible en http://www.dolmenintranet.es/gestion/files/files_cursos/11_1_4_movimiento%20de%20tierras-calculo.pdf
6. Zapata Edgard. Conceptos Básicos sobre Movimiento de tierras. 15 de octubre de 2010. Accesible en <http://www.docentes.unal.edu.co/eazapata/docs/CIVCLASE%205.pdf>
7. <http://www.docentes.unal.edu.co/eazapata/docs/CIVCLASE%205.pdf>
8. Autoridad Nacional del agua “criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos” lima, diciembre 20108
9. Normas DG 2001 Para diseño de carreteras del MTC, Lima, marzo 2001
10. Manual de ensayos para carreteras (EM 2000) aprobado mediante RD N°0285- 2001
11. [10.http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/pluginfile.php/62125/mod_resource/content/0/documentos_actividades/planteamiento_problema.pdf](http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/pluginfile.php/62125/mod_resource/content/0/documentos_actividades/planteamiento_problema.pdf)
12. [11.https://www.monografias.com/trabajos16/guia-de-investigacion/guia-de-investigacion.shtml](https://www.monografias.com/trabajos16/guia-de-investigacion/guia-de-investigacion.shtml)
13. [12.https://es.scribd.com/doc/24569116/Movimiento-de-tierras](https://es.scribd.com/doc/24569116/Movimiento-de-tierras)

ANEXOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : ESTUDIO DE REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
 COCHABAMBA - CUTERVO - CHIPLE
TRAMO : COCHABAMBA - CUTERVO - CHIPLE
REGION : CAJAMARCA

ASTM D 422 (05)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

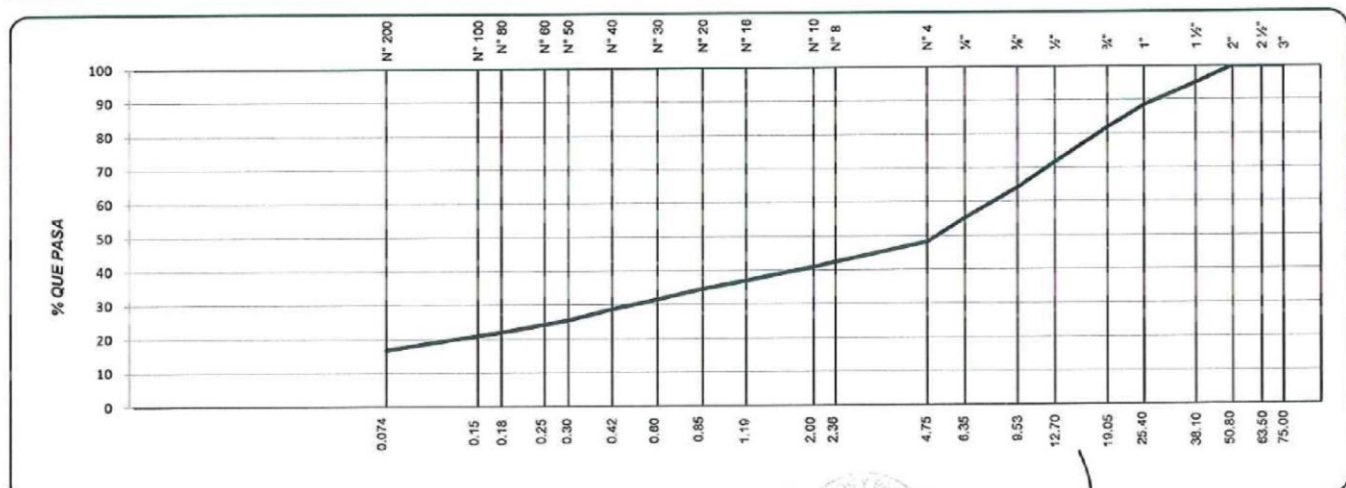
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CALICATA N° : 01
UBICACIÓN : 00+010
LADO : Izquierdo
MUESTRA N° : 01

PROFUNDIDAD (m) : 0.00 - 0.20
FECHA DE ENSAYO : 22.05.2010
CÓDIGO : PC-001-1

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
MALLAS		PESO (gramos)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)				
3"	75.00		--	--	100.0
2 1/2"	63.50		--	--	100.0
2"	50.80		--	--	100.0
1 1/2"	38.10	814	5.0	5.0	95.0
1"	25.40	1 075	6.6	11.6	88.4
3/4"	19.05	1 075	6.6	18.2	81.8
1/2"	12.70	1 679	10.3	28.5	71.5
3/8"	9.525	1 206	7.4	35.9	64.1
1/4"	6.350	1 467	9.0	44.9	55.1
N° 4	4.750	1 141	7.0	51.9	48.1
N° 8	2.360	945	5.8	57.7	42.3
N° 10	2.000	228	1.4	59.1	40.9
N° 16	1.190	652	4.0	63.1	36.9
N° 20	0.850	391	2.4	65.5	34.5
N° 30	0.600	489	3.0	68.5	31.5
N° 40	0.420	473	2.9	71.4	28.6
N° 50	0.300	522	3.2	74.6	25.4
N° 60	0.250	196	1.2	75.8	24.2
N° 80	0.180	375	2.3	78.1	21.9
N° 100	0.150	163	1.0	79.1	20.9
N 200	0.074	685	4.2	83.3	16.7
Menor que N° 200		2 722	16.7	100.0	--

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO			
Límite líquido (%)	(ASTM D 4318-05)	:	26
Límite plástico (%)	(ASTM D 4318-05)	:	24
Índice plástico (%)	(ASTM D 4318-05)	:	2
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487-05)	:	GM
Clasificación AASHTO	(ASTM D 2487-05)	:	A-1-b (0)
Humedad natural	(ASTM D 2216-05)	:	12.74
% Grava		:	51.9
% Arena		:	31.4
% Pasante N° 200		:	16.7
Peso Inicial (gr)		:	16298.0
Porción de finos (gr)		:	609.4



INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : ESTUDIO DE REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA
 CARRETERA COCHABAMBA - CUTERVO - CHIPLÉ
TRAMO : COCHABAMBA - CUTERVO - CHIPLÉ
REGION : CAJAMARCA

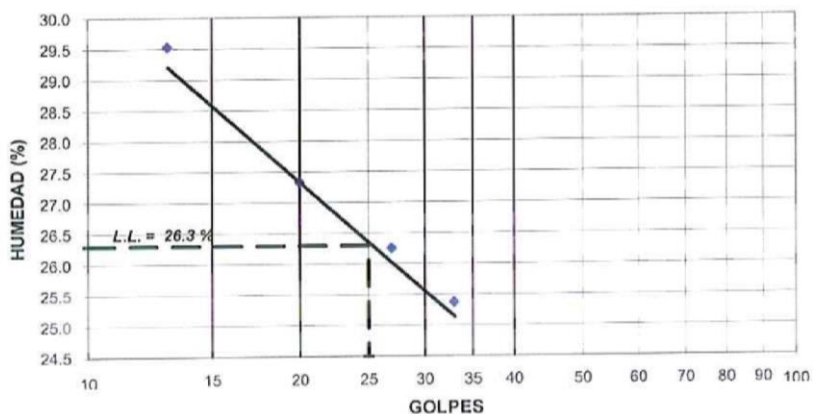
ASTM D 4318 (05) METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE PLASTICO DE LOS SUELOS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CALICATA N° : 01 **PROFUNDIDAD (m)** : 0.00 - 0.20
UBICACIÓN : Km 00+010 **FECHA DE ENSAYO**: 23.05.2010
LADO : Izquierdo **CÓDIGO** : PC-001-1
MUESTRA N° : 01

N° RECIPIENTE	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	05	03	04	01	01	02
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (gr)	33.60	35.70	34.81	32.60	10.10	9.80
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (gr)	29.20	31.30	30.40	29.20	9.40	9.20
PESO DEL AGUA (gr)	4.40	4.40	4.41	3.40	0.70	0.60
PESO DEL RECIPIENTE (gr)	14.30	15.20	13.60	15.80	6.61	6.60
PESO DEL SUELO SECO (gr)	14.90	16.10	16.80	13.40	2.79	2.60
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	29.53	27.33	26.25	25.37	25.09	23.08
NUMERO DE GOLPES	13	20	27	33	--	--

Límite Líquido (%)	: 26
Límite Plástico (%)	: 24
Índice Plástico (%)	: 2



CONSISTENCIA DEL SUELO

SECTOR		PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	LIMITE LIQUIDO (%)	LIMITE PLASTICO (%)	INDICE PLASTICO (%)	HUMEDAD NATURAL (%)	I _c	CONSISTENCIA DEL SUELO
km	km									
4+015	4+265	0.00-1.50	ML	A-4(4)	37	29	8	19.25	2.2	Dura
4+735	4+985	0.20-0.80	CL	A-7-6(7)	42	23	19	23.46	1.0	Muy Rigida
4+735	4+985	0.80-1.50	CL	A-7-6(8)	44	26	18	18.79	1.4	Dura
8+015	8+015	0.60-1.50	CL	A-6(8)	40	25	15	17.96	1.5	Dura
8+265	8+515	0.00-0.90	ML	A-6(4)	39	26	13	15.12	1.8	Dura
9+265	9+515	0.40-1.50	ML	A-7-5(9)	43	30	13	17.59	2.0	Dura
9+755	10+005	0.30-1.50	CL	A-6(6)	34	23	11	15.29	1.7	Dura
11+505	11+755	0.00-0.20	CL	A-7-6(7)	41	24	17	15.78	1.5	Dura
12+275	12+275	0.00-1.50	CL	A-6(5)	36	24	12	22.44	1.1	Dura
12+525	12+775	0.30-1.50	CL	A-7-6(12)	44	26	18	19.46	1.4	Dura
12+795	13+045	0.20-1.50	ML	A-5(5)	45	34	11	17.93	2.5	Dura
17+515	17+765	0.00-0.70	CH	A-7-5(19)	59	30	29	31.49	0.9	Muy Rigida
17+765	18+015	0.30-1.50	CL	A-6(8)	38	24	14	23.16	1.1	Dura
18+015	18+245	0.00-1.50	CL	A-6(8)	37	21	16	21.3	1.0	Muy Rigida
18+725	18+975	0.30-1.50	ML	A-4(4)	29	23	6	19.28	1.6	Dura
18+975	19+225	0.00-1.50	CL	A-6(7)	34	21	13	17.16	1.3	Dura
19+985	20+225	0.80-1.50	CL	A-7-6(11)	43	26	17	15.57	1.6	Dura
20+225	20+475	0.20-1.50	CL	A-6(5)	34	23	11	13.3	1.9	Dura
20+720	20+965	0.50-1.50	CL	A-6(8)	39	24	15	26.27	0.8	Muy Rigida
21+200	21+435	0.00-1.50	CL	A-6(5)	34	22	12	11.17	1.9	Dura
21+435	21+710	0.00-1.50	CL	A-6(6)	37	24	13	14.24	1.8	Dura
21+710	21+980	0.30-1.50	CL	A-7-6(14)	48	26	22	23.91	1.1	Dura
21+980	22+220	0.30-1.50	CL	A-7-6(11)	41	25	16	18.78	1.4	Dura
22+220	22+465	0.60-1.50	CL	A-7-6(13)	45	26	19	12.03	1.7	Muy Rigida
22+465	22+715	0.10-1.050	CL	A-7-6(13)	44	23	21	26.75	0.8	Muy Rigida
22+965	23+215	0.00-1.50	CH	A-7-6(17)	53	28	25	19.75	1.3	Dura
23+215	23+465	0.40-1.50	CL	A-7-6(13)	46	27	19	15.98	1.6	Dura
24+220	24+470	0.40-1.50	ML	A-7-5(11)	46	30	16	14.3	2.0	Dura
24+470	24+725	0.00-1.50	CL	A-6(5)	36	23	13	13.24	1.8	Muy Rigida
24+725	24+975	0.30-1.50	CL	A-7-6(8)	42	25	17	21.47	1.2	Dura
25+205	25+455	0.60-1.50	CH	A-7-6(17)	53	27	26	25.79	1.0	Muy Rigida
25+975	26+225	0.50-1.50	MH	A-7-5(14)	56	39	17	29.51	1.6	Dura
27+005	27+255	0.40-1.50	CH	A-7-6(15)	52	28	24	30.44	0.9	Muy Rigida
27+505	27+755	0.20-1.50	CL	A-7-6(14)	48	27	21	24.88	1.1	Dura
27+755	28+005	0.40-1.50	CH	A-7-6(17)	54	29	25	31.87	0.9	Muy Rigida
28+255	28+505	0.20-0.60	ML	A-6(8)	39	28	11	12.54	2.4	Dura
28+505	28+755	0.30-1.50	CL	A-6(5)	35	24	11	11.37	2.1	Dura
28+755	29+000	0.40-1.50	CL	A-7-6(9)	42	24	18	26.28	0.9	Muy Rigida
33+755	34+005	0.70-1.50	CL	A-6(5)	34	20	14	6.54	2.0	Dura
34+235	34+485	0.40-1.50	ML	A-4(4)	34	24	10	7.26	2.7	Dura
35+415	35+665	0.40-1.50	CH	A-7-6(15)	51	28	23	25.33	1.1	Dura
35+665	35+915	0.40-1.50	CL	A-6(10)	37	23	14	22.15	1.1	Dura
35+915	36+165	0.20-1.50	CH	A-7-6(16)	52	28	24	29.5	0.9	Muy Rigida
36+415	36+665	0.30-1.50	CH	A-7-6(16)	51	27	24	26.14	1.0	Muy Rigida
38+665	38+915	0.20-1.50	CL	A-4(4)	29	19	10	10.17	1.9	Dura
38+915	39+165	0.40-1.50	CL	A-6(9)	37	24	13	13.16	1.8	Dura
39+415	39+665	0.40-1.50	CL	A-6(10)	38	22	16	27.45	0.7	Rigida
39+915	40+165	0.40-1.50	CL	A-7-6(13)	45	26	19	20.09	1.3	Dura
40+665	40+915	0.30-1.50	CL	A-7-6(14)	48	27	21	20.42	1.3	Dura
41+165	41+415	0.20-1.00	CL	A-6(10)	39	23	16	22.4	1.0	Muy Rigida
41+665	41+860	0.20-1.50	CL	A-6(9)	35	23	12	21.4	1.1	Dura
42+165	42+415	0.00-0.90	CL	A-4(3)	40	25	15	12.28	1.8	Dura
42+415	42+665	0.40-1.50	CH	A-7-6(15)	50	28	22	15.34	1.6	Dura
43+915	44+165	0.30-1.20	CL	A-6(10)	38	24	14	17.22	1.5	Dura
51+165	51+415	0.00-1.50	CL	A-6(8)	35	22	13	10.91	1.9	Dura
52+165	52+415	0.00-1.50	CL	A-7-6(7)	41	25	16	20.34	1.3	Dura
52+915	53+165	0.40-1.50	CL	A-6(8)	37	23	14	17.95	1.4	Dura
55+915	56+165	0.30-1.50	CL	A-6(5)	34	23	11	13.56	1.9	Dura
57+665	57+915	0.40-1.20	ML	A-7-6(10)	42	29	13	13.62	2.2	Dura
57+915	58+165	0.40-1.50	CL	A-6(9)	37	24	13	14.54	1.7	Dura
59+165	59+415	0.50-1.50	CL	A-6(10)	38	24	14	16.07	1.6	Dura
59+665	59+915	0.60-1.50	CL	A-7-6(8)	41	25	16	20.14	1.3	Dura
60+415	60+915	0.40-0.90	ML	A-6(9)	38	26	12	21.09	1.4	Dura
60+665	60+915	0.30-1.50	CL	A-6(10)	34	20	14	16.29	1.3	Dura
61+165	61+415	0.40-1.50	CL	A-6(8)	34	20	14	25.15	0.6	Rigida
63+165	63+415	0.50-1.50	CL	A-6(7)	37	22	15	12.41	1.6	Dura
63+415	63+665	0.20-1.50	CL	A-6(10)	33	24	9	14.36	2.1	Dura
63+665	63+915	0.40-1.50	CL	A-6(7)	35	21	14	12.39	1.6	Dura
64+665	64+915	0.20-1.50	CL	A-6(9)	34	21	13	20.48	1.0	Muy Rigida
65+415	65+665	0.50-1.50	CL	A-6(6)	33	20	13	10.26	1.7	Dura
65+915	66+165	0.50-1.50	CL	A-6(9)	37	23	14	10.2	1.9	Dura
66+415	66+665	0.50-1.50	CL	A-6(4)	30	19	11	15.26	1.3	Dura
67+665	67+915	0.30-0.80	CL	A-6(9)	34	22	12	6.37	2.3	Dura
70+415	70+665	0.30-1.50	CL	A-6(6)	36	22	14	11.18	1.8	Dura
72+915	73+165	0.20-1.50	CL	A-7-6(13)	43	22	21	20.06	1.1	Dura
73+165	73+415	0.50-1.50	CL	A-7-6(9)	48	25	23	30.38	0.8	Muy Rigida
74+165	74+415	0.60-1.50	CL	A-6(5)	36	22	14	13.23	1.6	Dura
74+915	75+165	0.30-1.50	CL	A-7-6(6)	41	23	18	14.67	1.5	Muy Rigida
77+165	77+415	0.40-1.50	CL	A-6(9)	37	24	13	12.18	1.9	Dura
77+665	77+915	0.40-1.50	CL	A-6(4)	34	22	12	10.38	2.0	Dura
78+165	78+415	0.30-1.50	CL	A-6(8)	35	22	13	12.31	1.7	Dura
79+165	79+415	0.70-1.50	CL	A-6(6)	34	20	14	19.39	1.0	Muy Rigida
79+415	79+665	0.30-1.00	CL	A-6(5)	34	20	14	12.53	1.5	Dura
81+665	81+915	0.30-0.60	CL	A-6(8)	38	24	14	3.25	2.5	Dura

POTENCIAL DE EXPANSION

SECTOR		PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	LIMITE LIQUIDO (%)	LIMITE PLASTICO (%)	INDICE PLASTICO (%)	HUMEDAD NATURAL (%)	I _{liq}	POTENCIAL DE EXPANSION
km	km									
4+015	4+265	0.00-1.50	ML	A-4(4)	37	29	8	19.25	-1.2	Bajo
4+735	4+985	0.20-0.80	CL	A-7-6(7)	42	23	19	23.46	0.0	Medio
4+735	4+985	0.80-1.50	CL	A-7-6(8)	44	26	18	18.79	-0.4	Medio
8+015	8+015	0.60-1.50	CL	A-6(8)	40	25	15	17.96	-0.5	Bajo
8+265	8+515	0.00-0.90	ML	A-6(4)	39	26	13	15.12	-0.8	Bajo
9+265	9+515	0.40-1.50	ML	A-7-5(9)	43	30	13	17.59	-1.0	Bajo
9+755	10+005	0.30-1.50	CL	A-6(6)	34	23	11	15.29	-0.7	Bajo
11+505	11+755	0.00-0.20	CL	A-7-6(7)	41	24	17	15.78	-0.5	Bajo
12+275	12+275	0.00-1.50	CL	A-6(5)	36	24	12	22.44	-0.1	Bajo
12+525	12+775	0.30-1.50	CL	A-7-6(12)	44	26	18	19.46	-0.4	Bajo
12+795	13+045	0.20-1.50	ML	A-5(5)	45	34	11	17.93	-1.5	Bajo
17+515	17+765	0.00-0.70	CH	A-7-5(19)	59	30	29	31.49	0.1	Alto
17+765	18+015	0.30-1.50	CL	A-6(8)	38	24	14	23.16	-0.1	Bajo
18+015	18+245	0.00-1.50	CL	A-6(8)	37	21	16	21.3	0.0	Bajo
18+725	18+975	0.30-1.50	ML	A-4(4)	29	23	6	19.28	-0.6	Bajo
18+975	19+225	0.00-1.50	CL	A-6(7)	34	21	13	17.16	-0.3	Bajo
19+985	20+225	0.80-1.50	CL	A-7-6(11)	43	26	17	15.57	-0.6	Bajo
20+225	20+475	0.20-1.50	CL	A-6(5)	34	23	11	13.3	-0.9	Bajo
20+720	20+965	0.50-1.50	CL	A-6(8)	39	24	15	26.27	0.2	Bajo
21+200	21+435	0.00-1.50	CL	A-6(5)	34	22	12	11.17	-0.9	Bajo
21+435	21+710	0.00-1.50	CL	A-6(6)	37	24	13	14.24	-0.8	Bajo
21+710	21+980	0.30-1.50	CL	A-7-6(14)	48	26	22	23.91	-0.1	Medio
21+980	22+220	0.30-1.50	CL	A-7-6(11)	41	25	16	18.78	-0.4	Bajo
22+220	22+465	0.60-1.50	CL	A-7-6(13)	45	26	19	12.03	-0.7	Medio
22+465	22+715	0.10-1.050	CL	A-7-6(13)	44	23	21	26.75	0.2	Medio
22+965	23+215	0.00-1.50	CH	A-7-6(17)	53	28	25	19.75	-0.3	Medio
23+215	23+465	0.40-1.50	CL	A-7-6(13)	46	27	19	15.98	-0.6	Medio
24+220	24+470	0.40-1.50	ML	A-7-5(11)	46	30	16	14.3	-1.0	Bajo
24+470	24+725	0.00-1.50	CL	A-6(5)	36	23	13	13.24	-0.8	Bajo
24+725	24+975	0.30-1.50	CL	A-7-6(8)	42	25	17	21.47	-0.2	Bajo
25+205	25+455	0.60-1.50	CH	A-7-6(17)	53	27	26	25.79	0.0	Medio
25+975	26+225	0.50-1.50	MH	A-7-5(14)	56	39	17	29.51	-0.6	Bajo
27+005	27+255	0.40-1.50	CH	A-7-6(15)	52	28	24	30.44	0.1	Medio
27+505	27+755	0.20-1.50	CL	A-7-6(14)	48	27	21	24.88	-0.1	Medio
27+755	28+005	0.40-1.50	CH	A-7-6(17)	54	29	25	31.87	0.1	Medio
28+255	28+505	0.20-0.60	ML	A-6(8)	39	28	11	12.54	-1.4	Bajo
28+505	28+755	0.30-1.50	CL	A-6(5)	35	24	11	11.37	-1.1	Bajo
28+755	29+000	0.40-1.50	CL	A-7-6(9)	42	24	18	26.28	0.1	Bajo
33+755	34+005	0.70-1.50	CL	A-6(5)	34	20	14	6.54	-1.0	Bajo
34+235	34+485	0.40-1.50	ML	A-4(4)	34	24	10	7.26	-1.7	Bajo
35+415	35+665	0.40-1.50	CH	A-7-6(15)	51	28	23	25.33	-0.1	Medio
35+665	35+915	0.40-1.50	CL	A-6(10)	37	23	14	22.15	-0.1	Bajo
35+915	36+165	0.20-1.50	CH	A-7-6(16)	52	28	24	29.5	0.1	Medio
36+415	36+665	0.30-1.50	CH	A-7-6(16)	51	27	24	26.14	0.0	Medio
38+665	38+915	0.20-1.50	CL	A-4(4)	29	19	10	10.17	-0.9	Bajo
38+915	39+165	0.40-1.50	CL	A-6(9)	37	24	13	13.16	-0.8	Bajo
39+165	39+665	0.40-1.50	CL	A-6(10)	38	22	16	27.45	0.3	Bajo
39+665	40+165	0.40-1.50	CL	A-7-6(13)	45	26	19	20.09	-0.3	Medio
40+165	40+915	0.30-1.50	CL	A-7-6(14)	48	27	21	20.42	-0.3	Medio
41+165	41+415	0.20-1.00	CL	A-6(10)	39	23	16	22.4	0.0	Bajo
41+665	41+860	0.20-1.50	CL	A-6(9)	35	23	12	21.4	-0.1	Bajo
42+165	42+415	0.00-0.90	CL	A-4(3)	40	25	15	12.28	-0.8	Bajo
42+415	42+665	0.40-1.50	CH	A-7-6(15)	50	28	22	15.34	-0.6	Medio
43+915	44+165	0.30-1.20	CL	A-6(10)	38	24	14	17.22	-0.5	Bajo
51+165	51+415	0.00-1.50	CL	A-6(8)	35	22	13	10.91	-0.9	Bajo
52+165	52+415	0.00-1.50	CL	A-7-6(7)	41	25	16	20.34	-0.3	Bajo
52+915	53+165	0.40-1.50	CL	A-6(8)	37	23	14	17.95	-0.4	Bajo
55+915	56+165	0.30-1.50	CL	A-6(5)	34	23	11	13.56	-0.9	Bajo
57+665	57+915	0.40-1.20	ML	A-7-6(10)	42	29	13	13.62	-1.2	Bajo
57+915	58+165	0.40-1.50	CL	A-6(9)	37	24	13	14.54	-0.7	Bajo
59+165	59+415	0.50-1.50	CL	A-6(10)	38	24	14	16.07	-0.6	Bajo
59+665	59+915	0.60-1.50	CL	A-7-6(8)	41	25	16	20.14	-0.3	Bajo
60+415	60+915	0.40-0.90	ML	A-6(9)	38	26	12	21.09	-0.4	Bajo
60+665	60+915	0.30-1.50	CL	A-6(10)	34	20	14	16.29	-0.3	Bajo
61+165	61+415	0.40-1.50	CL	A-6(8)	34	20	14	25.15	0.4	Bajo
63+165	63+415	0.50-1.50	CL	A-6(7)	37	22	15	12.41	-0.6	Bajo
63+415	63+665	0.20-1.50	CL	A-6(10)	33	24	9	14.36	-1.1	Bajo
63+665	63+915	0.40-1.50	CL	A-6(7)	35	21	14	12.39	-0.6	Bajo
64+665	64+915	0.20-1.50	CL	A-6(9)	34	21	13	20.48	0.0	Bajo
65+415	65+665	0.50-1.50	CL	A-6(6)	33	20	13	10.26	-0.7	Bajo
65+915	66+165	0.50-1.50	CL	A-6(9)	37	23	14	10.2	-0.9	Bajo
66+415	66+665	0.50-1.50	CL	A-6(4)	30	19	11	15.26	-0.3	Bajo
67+665	67+915	0.30-0.80	CL	A-6(9)	34	22	12	6.37	-1.3	Bajo
70+415	70+665	0.30-1.50	CL	A-6(6)	36	22	14	11.18	-0.8	Bajo
72+915	73+165	0.20-1.50	CL	A-7-6(13)	43	22	21	20.06	-0.1	Medio
73+165	73+415	0.50-1.50	CL	A-7-6(9)	48	25	23	30.38	0.2	Medio
74+165	74+415	0.60-1.50	CL	A-6(5)	36	22	14	13.23	-0.6	Bajo
74+915	75+165	0.30-1.50	CL	A-7-6(6)	41	23	18	14.67	-0.5	Bajo
77+165	77+415	0.40-1.50	CL	A-6(9)	37	24	13	12.18	-0.9	Bajo
77+665	77+915	0.40-1.50	CL	A-6(4)	34	22	12	10.38	-1.0	Bajo
78+165	78+415	0.30-1.50	CL	A-6(8)	35	22	13	12.31	-0.7	Bajo
79+165	79+415	0.70-1.50	CL	A-6(6)	34	20	14	19.39	0.0	Bajo
79+415	79+665	0.30-1.00	CL	A-6(5)	34	20	14	12.53	-0.5	Bajo
81+665	81+915	0.30-0.60	CL	A-6(8)	38	24	14	3.25	-1.5	Bajo

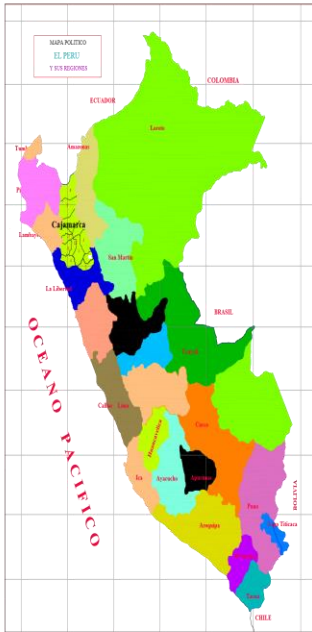
MEJORAMIENTOS DE SUELOS POTENCIALMENTE EXPANSIVOS

SECTOR		CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	POTENCIAL DE EXPANSION	LONGITUD (m)	PROFUNDIDAD DE MEJORAMIENTO (m)
km	km					
4+735	4+985	CL	A-7-6(7)	Medio	250	1.50
17+515	17+765	CH	A-7-5(19)	Alto	250	0.70
21+710	21+980	CL	A-7-6(14)	Medio	270	1.50
22+220	22+465	CL	A-7-6(13)	Medio	245	1.50
22+465	22+715	CL	A-7-6(13)	Medio	250	1.50
22+965	23+215	CH	A-7-6(17)	Medio	250	1.50
23+215	23+465	CL	A-7-6(13)	Medio	250	1.50
25+205	25+455	CH	A-7-6(17)	Medio	250	1.50
27+005	27+255	CH	A-7-6(15)	Medio	250	1.50
27+505	27+755	CL	A-7-6(14)	Medio	250	1.50
27+755	28+005	CH	A-7-6(17)	Medio	250	1.50
35+415	35+665	CH	A-7-6(15)	Medio	250	1.50
35+915	36+165	CH	A-7-6(16)	Medio	250	1.50
36+415	36+665	CH	A-7-6(16)	Medio	250	1.50
39+915	40+165	CL	A-7-6(13)	Medio	250	1.50
40+665	40+915	CL	A-7-6(14)	Medio	250	1.50
42+415	42+665	CH	A-7-6(15)	Medio	250	1.50
72+915	73+165	CL	A-7-6(13)	Medio	250	1.50
73+165	73+415	CL	A-7-6(9)	Medio	250	1.50

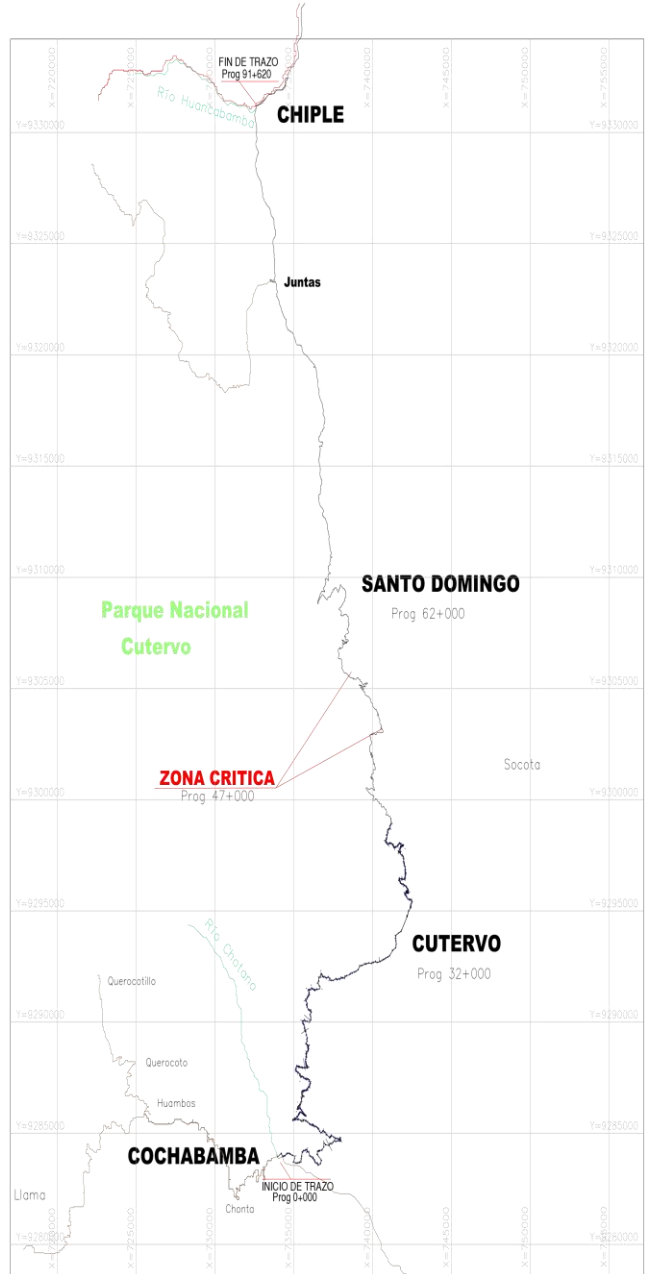
VALORES INDICE DE COMPRESION

SECTOR		PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	LIMITE LIQUIDO (%)	LIMITE PLASTICO (%)	INDICE PLASTICO (%)	HUMEDAD NATURAL (%)	C _c	COMPRESIBILIDAD
km	km									
4+015	4+265	0.00-1.50	ML	A-4(4)	37	29	8	19.25	0.24	Mediana
4+735	4+985	0.20-0.80	CL	A-7-6(7)	42	23	19	23.46	0.29	Mediana
4+735	4+985	0.80-1.50	CL	A-7-6(8)	44	26	18	18.79	0.31	Mediana
8+015	8+015	0.60-1.50	CL	A-6(8)	40	25	15	17.96	0.27	Mediana
8+265	8+515	0.00-0.90	ML	A-6(4)	39	26	13	15.12	0.26	Mediana
9+265	9+515	0.40-1.50	ML	A-7-5(9)	43	30	13	17.59	0.30	Mediana
9+755	10+005	0.30-1.50	CL	A-6(6)	34	23	11	15.29	0.22	Mediana
11+505	11+755	0.00-0.20	CL	A-7-6(7)	41	24	17	15.78	0.28	Mediana
12+275	12+275	0.00-1.50	CL	A-6(5)	36	24	12	22.44	0.23	Mediana
12+525	12+775	0.30-1.50	CL	A-7-6(12)	44	26	18	19.46	0.31	Mediana
12+795	13+045	0.20-1.50	ML	A-5(5)	45	34	11	17.93	0.32	Mediana
17+515	17+765	0.00-0.70	CH	A-7-5(19)	59	30	29	31.49	0.44	Alta
17+765	18+015	0.30-1.50	CL	A-6(8)	38	24	14	23.16	0.25	Mediana
18+015	18+245	0.00-1.50	CL	A-6(8)	37	21	16	21.3	0.24	Mediana
18+725	18+975	0.30-1.50	ML	A-4(4)	29	23	6	19.28	0.17	Baja
18+975	19+225	0.00-1.50	CL	A-6(7)	34	21	13	17.16	0.22	Mediana
19+985	20+225	0.80-1.50	CL	A-7-6(11)	43	26	17	15.57	0.30	Mediana
20+225	20+475	0.20-1.50	CL	A-6(5)	34	23	11	13.3	0.22	Mediana
20+720	20+965	0.50-1.50	CL	A-6(8)	39	24	15	26.27	0.26	Mediana
21+200	21+435	0.00-1.50	CL	A-6(5)	34	22	12	11.17	0.22	Mediana
21+435	21+710	0.00-1.50	CL	A-6(6)	37	24	13	14.24	0.24	Mediana
21+710	21+980	0.30-1.50	CL	A-7-6(14)	48	26	22	23.91	0.34	Mediana
21+980	22+220	0.30-1.50	CL	A-7-6(11)	41	25	16	18.78	0.28	Mediana
22+220	22+465	0.60-1.50	CL	A-7-6(13)	45	26	19	12.03	0.32	Mediana
22+465	22+715	0.10-1.050	CL	A-7-6(13)	44	23	21	26.75	0.31	Mediana
22+965	23+215	0.00-1.50	CH	A-7-6(17)	53	28	25	19.75	0.39	Mediana
23+215	23+465	0.40-1.50	CL	A-7-6(13)	46	27	19	15.98	0.32	Mediana
24+220	24+470	0.40-1.50	ML	A-7-5(11)	46	30	16	14.3	0.32	Mediana
24+470	24+725	0.00-1.50	CL	A-6(5)	36	23	13	13.24	0.23	Mediana
24+725	24+975	0.30-1.50	CL	A-7-6(8)	42	25	17	21.47	0.29	Mediana
25+205	25+455	0.60-1.50	CH	A-7-6(17)	53	27	26	25.79	0.39	Mediana
25+975	26+225	0.50-1.50	MH	A-7-5(14)	56	39	17	29.51	0.41	Alta
27+005	27+255	0.40-1.50	CH	A-7-6(15)	52	28	24	30.44	0.38	Mediana
27+505	27+755	0.20-1.50	CL	A-7-6(14)	48	27	21	24.88	0.34	Mediana
27+755	28+005	0.40-1.50	CH	A-7-6(17)	54	29	25	31.87	0.40	Alta
28+255	28+505	0.20-0.60	ML	A-6(8)	39	28	11	12.54	0.26	Mediana
28+505	28+755	0.30-1.50	CL	A-6(5)	35	24	11	11.37	0.23	Mediana
28+755	29+000	0.40-1.50	CL	A-7-6(9)	42	24	18	26.28	0.29	Mediana
33+755	34+005	0.70-1.50	CL	A-6(5)	34	20	14	6.54	0.22	Mediana
34+235	34+485	0.40-1.50	ML	A-4(4)	34	24	10	7.26	0.22	Mediana
35+415	35+665	0.40-1.50	CH	A-7-6(15)	51	28	23	25.33	0.37	Mediana
35+665	35+915	0.40-1.50	CL	A-6(10)	37	23	14	22.15	0.24	Mediana
35+915	36+165	0.20-1.50	CH	A-7-6(16)	52	28	24	29.5	0.38	Mediana
36+415	36+665	0.30-1.50	CH	A-7-6(16)	51	27	24	26.14	0.37	Mediana
38+665	38+915	0.20-1.50	CL	A-4(4)	29	19	10	10.17	0.17	Baja
38+915	39+165	0.40-1.50	CL	A-6(9)	37	24	13	13.16	0.24	Mediana
39+415	39+665	0.40-1.50	CL	A-6(10)	38	22	16	27.45	0.25	Mediana
39+915	40+165	0.40-1.50	CL	A-7-6(13)	45	26	19	20.09	0.32	Mediana
40+665	40+915	0.30-1.50	CL	A-7-6(14)	48	27	21	20.42	0.34	Mediana
41+165	41+415	0.20-1.00	CL	A-6(10)	39	23	16	22.4	0.26	Mediana
41+665	41+860	0.20-1.50	CL	A-6(9)	35	23	12	21.4	0.23	Mediana
42+165	42+415	0.00-0.90	CL	A-4(3)	40	25	15	12.28	0.27	Mediana
42+415	42+665	0.40-1.50	CH	A-7-6(15)	50	28	22	15.34	0.36	Mediana
43+915	44+165	0.30-1.20	CL	A-6(10)	38	24	14	17.22	0.25	Mediana
51+165	51+415	0.00-1.50	CL	A-6(8)	35	22	13	10.91	0.23	Mediana
52+165	52+415	0.00-1.50	CL	A-7-6(7)	41	25	16	20.34	0.28	Mediana
52+915	53+165	0.40-1.50	CL	A-6(8)	37	23	14	17.95	0.24	Mediana
55+915	56+165	0.30-1.50	CL	A-6(5)	34	23	11	13.56	0.22	Mediana
57+665	57+915	0.40-1.20	ML	A-7-6(10)	42	29	13	13.62	0.29	Mediana
57+915	58+165	0.40-1.50	CL	A-6(9)	37	24	13	14.54	0.24	Mediana
59+165	59+415	0.50-1.50	CL	A-6(10)	38	24	14	16.07	0.25	Mediana
59+665	59+915	0.60-1.50	CL	A-7-6(8)	41	25	16	20.14	0.28	Mediana
60+415	60+915	0.40-0.90	ML	A-6(9)	38	26	12	21.09	0.25	Mediana
60+665	60+915	0.30-1.50	CL	A-6(10)	34	20	14	16.29	0.22	Mediana
61+165	61+415	0.40-1.50	CL	A-6(8)	34	20	14	25.15	0.22	Mediana
63+165	63+415	0.50-1.50	CL	A-6(7)	37	22	15	12.41	0.24	Mediana
63+415	63+665	0.20-1.50	CL	A-6(10)	33	24	9	14.36	0.21	Mediana
63+665	63+915	0.40-1.50	CL	A-6(7)	35	21	14	12.39	0.23	Mediana
64+665	64+915	0.20-1.50	CL	A-6(9)	34	21	13	20.48	0.22	Mediana
65+415	65+665	0.50-1.50	CL	A-6(6)	33	20	13	10.26	0.21	Mediana
65+915	66+165	0.50-1.50	CL	A-6(9)	37	23	14	10.2	0.24	Mediana
66+415	66+665	0.50-1.50	CL	A-6(4)	30	19	11	15.26	0.18	Mediana
67+665	67+915	0.30-0.80	CL	A-6(9)	34	22	12	6.37	0.22	Mediana
70+415	70+665	0.30-1.50	CL	A-6(6)	36	22	14	11.18	0.23	Mediana
72+915	73+165	0.20-1.50	CL	A-7-6(13)	43	22	21	20.06	0.30	Mediana
73+165	73+415	0.50-1.50	CL	A-7-6(9)	48	25	23	30.38	0.34	Mediana
74+165	74+415	0.60-1.50	CL	A-6(5)	36	22	14	13.23	0.23	Mediana
77+165	77+415	0.40-1.50	CL	A-6(9)	37	24	13	12.18	0.24	Mediana
77+665	77+915	0.40-1.50	CL	A-6(4)	34	22	12	10.38	0.22	Mediana
78+165	78+415	0.30-1.50	CL	A-6(8)	35	22	13	12.31	0.23	Mediana
79+165	79+415	0.70-1.50	CL	A-6(6)	34	20	14	19.39	0.22	Mediana
79+415	79+665	0.30-1.00	CL	A-6(5)	34	20	14	12.53	0.22	Mediana
81+665	81+915	0.30-0.60	CL	A-6(8)	38	24	14	3.25	0.25	Mediana

UBICACION



Eje Carretera



	Ministerio de Transportes y Comunicaciones	Provias Nacionales	CONSEJO NACIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	CONSEJO NACIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	CONSEJO NACIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	CONSEJO NACIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	CONSEJO NACIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	CONSEJO NACIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	CONSEJO NACIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	CONSEJO NACIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
	Consorcio Caminos Longitudinales Cajamarca	JEFE DE PROYECTO ING. JAIME SAAVEDRA	TITULO DE PROYECTO ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DEL PROYECTO RESEÑALACION Y RECONSTRUCCION DE LA CARRETERA PE-020 FUNCIONAL EN LA REGIÓN SUR, TRAMO COCHABAMBA-CUTERVO-SANTO DOMINGO DE LA CHIVILE-CHIPLE	FECHA Enero 2011	CLAVE	ESCALA ORIGINAL A1 H= 1/2000 V= 1/200	PLANO H-1	DESIGNACION DEL PLANO H-1	UBICACION DE PROYECTO	