

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
CAÑETE – YAUYOS – HUANCAYO
DEL KM 163+800 AL KM 164+100**

SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

RUDY EDISON LAVADO TERREL

Lima- Perú

2009

DEDICATORIA:

A mis padres Pedro y Norma, por el gran apoyo que me brindaron en mis estudios universitarios.

ÍNDICE

RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS.....	4
LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE SÍMBOLOS.....	8
INTRODUCCIÓN	9
CAPITULO I: RESUMEN DEL PERFIL DEL PROYECTO	10
1.1 Aspectos Generales.....	10
1.2 Identificación.....	11
1.2.1 Diagnostico de la Situación Actual.....	11
1.2.2 Descripción del Problema y sus Causas.....	12
1.2.3 Objetivo del Proyecto.....	13
1.2.4 Alternativas de Solución.....	14
1.3 Formulación y Evaluación.....	14
1.3.1 Horizonte del Proyecto.....	14
1.3.2 Análisis de la Demanda.....	14
1.3.3 Análisis de la Oferta.....	15
1.3.4 Balance Oferta-Demanda.....	16
1.3.5 Costos Estimados.....	17
1.4 Evaluación Económica.....	18
CAPITULO II: DISEÑO DEL PAVIMENTO	20
2.1 Estudio de Tráfico y Cargas.....	20
2.1.1 Estudio Volumétrico.....	20
2.1.2 Proyecciones del Tráfico.....	21
2.1.3 Ejes Equivalentes para el Diseño del Pavimento.....	23
2.2 Estudio de Suelos y Canteras.....	25
2.2.1 Estudio de Suelos.....	25
2.2.2 Estudio de Canteras.....	28
2.2.3 Fuentes de Agua y Botaderos.....	30

2.3	Diseño del Pavimento.....	31
2.3.1	Método para el Diseño del Pavimento.....	33
CAPITULO III: EXPEDIENTE TÉCNICO.....		58
3.1	Memoria Descriptiva.....	58
3.1.1	Ubicación del Proyecto.....	58
3.1.2	Descripción del Proyecto.....	58
3.2	Especificaciones Técnicas.....	59
CONCLUSIONES.....		136
RECOMENDACIONES.....		138
BIBLIOGRAFÍA.....		139
ANEXOS.....		140

RESUMEN

En el presente informe se desarrolla el tema de la “Ampliación y Mejoramiento de la Carretera Cañete – Yauyos – Huancayo del Km 163+800 al Km 164+100”, enfocándose en el tema de “Suelos y Pavimentos”. Dicha carretera se encuentra ubicada en el departamento de Lima, provincia de Yauyos en el distrito de Alis.

El informe consta de 3 capítulos principales, los cuales son los siguientes:

Capítulo I: Enfoca un resumen del Perfil que se desarrollo de la carretera Cañete – Huancayo, en el curso taller integrador de Titulación Profesional 2,009 – Modalidad Actualización de Conocimientos, Curso: Formulación y Diseño de Proyectos de Ingeniería de Vialidad Interurbana. En dicho Perfil se analizó la rentabilidad de realizar el mejoramiento de la carretera en mención, se plantearon 3 alternativas de solución para obtener el mejoramiento de dicha vía las cuales se indican en este informe.

Capítulo II: En este capítulo, se desarrolla principalmente en objetivo principal del Informe de Suficiencia (Suelos y Pavimentos). Se desarrolla el Diseño del Pavimento del tramo asignado para este informe de suficiencia, por lo cual es necesario contar con los datos necesarios de las características del terreno o tener en claro datos sobre el terreno de fundación. Luego de la obtención de datos previos de las características del terreno, se procedió a analizar los espesores del pavimento para un caso hipotético, donde se planteó como dato de inicio incrementar el valor de Tráfico Vehicular para la carretera en mención, luego se desarrollo el diseño del pavimento con los metodologías de la AASHTO y el Instituto Norteamericano del Asfalto.

Del mismo modo, como el tramo en estudio cuenta actualmente con un valor de tráfico vehicular muy pequeño (IMD = 43 veh/día) se desarrollo el diseño del pavimento en su caso original con los Manuales de Diseño de Carreteras Pavimentadas y No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito.

Capítulo III: En este capítulo se desarrolla el Expediente Técnico para el estudio desarrollado en el capítulo II. Aquí se indica las especificaciones técnicas primordiales para la construcción del diseño del pavimento indicado en el capítulo anterior.

LISTA DE CUADROS**Capítulo I**

Cuadro N° 1.00	Determinación de %PBI a utilizar.....	15
Cuadro N° 1.01	Resumen IMD por Tramos de Estudio.....	15
Cuadro N° 1.02	Costos Financieros y Económicos de Inversión de las Alternativas x Km.....	17
Cuadro N° 1.03	Costos Financieros y Económicos de Mantenimiento (km – año).....	18
Cuadro N° 1.04	Resumen Alternativas Elegidas.....	18
Cuadro N° 1.05	Análisis de Sensibilidad Alternativas Elegidas.....	19

Capítulo II

Cuadro N° 2.00	Valores de IMD para Diseño de Pavimento.....	20
Cuadro N° 2.01	Crecimiento Normal Anual del Tráfico.....	21
Cuadro N° 2.02	Tráfico Generado.....	22
Cuadro N° 2.03	Tráfico Total.....	23
Cuadro N° 2.04	Cálculo de ejes equivalentes periodo de diseño de 10 años.....	24
Cuadro N° 2.05	Valor de Soporte del Terreno de Fundación (CBR).....	26
Cuadro N° 2.06	Valor de Percentil para tráfico de diseño.....	26
Cuadro N° 2.07	Ensayos de Laboratorio de Cantera Seleccionada.....	29
Cuadro N° 2.08	Ensayos Químicos de Fuente de Agua.....	30
Cuadro N° 2.09	Valores límites de calidad del agua potable.....	30
Cuadro N° 2.10	Niveles Recomendados de Confiabilidad (%R).....	35
Cuadro N° 2.11	Desviación estándar normal (Zr) correspondientes a niveles de confiabilidad (R).....	36
Cuadro N° 2.12	Aceptación de una vía en función al PSI.....	37
Cuadro N° 2.13	Clasificación de serviciabilidad (PSI) según AASHO.....	38
Cuadro N° 2.14	Variación del PSI en el tiempo.....	39
Cuadro N° 2.15	Índices Estructurales.....	41
Cuadro N° 2.16	Coeficientes de drenaje.....	41

Cuadro N° 2.17	Cuadro Resumen Datos Obtenidos.....	42
Cuadro N° 2.18	Espesores Finales metodología AASHTO.....	43
Cuadro N° 2.19	Porcentaje de Camiones según Número de Carriles.....	45
Cuadro N° 2.20	Porcentaje de Camiones según Número de Carriles.....	46
Cuadro N° 2.21	Espesores Finales metodología Instituto del Asfalto.....	46
Cuadro N° 2.22	Valores de IMD caso original.....	48
Cuadro N° 2.23	Trafico Proyectado caso original.....	49
Cuadro N° 2.24	Ejes equivalentes caso IMD=43 veh/año (t=10 años).....	50
Cuadro N° 2.25	Espesores Finales Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas B.V.T.	52
Cuadro N° 2.26	Espesores Finales metodología AASHTO – Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas B.V.T.....	57
Cuadro N° 2.27	Resumen de Diseños Empleados.....	57
 Capítulo III		
Cuadro N° 3.00	Partidas de Presupuesto de Obra de Suelos y Pavimentos.....	59
Cuadro N° 3.01	Requisitos de los Materiales – Terraplén.....	66
Cuadro N° 3.02	Ensayos y Frecuencias – Materiales para Terraplén.....	67
Cuadro N° 3.03	Requerimientos Granulométricos para Sub-Base Granular.....	72
Cuadro N° 3.04	Requerimientos de Ensayos Especiales para Sub-Base Granular.....	72
Cuadro N° 3.05	Ensayos y Frecuencias – Materiales para Sub Base.....	77
Cuadro N° 3.06	Requerimientos Granulométricos para Base Granular...	80
Cuadro N° 3.07	Requerimientos Agregado Grueso – Base Granular.....	81
Cuadro N° 3.08	Requerimientos Agregado Fino – Base Granular.....	82
Cuadro N° 3.09	Ensayos y Frecuencias – Base granular.....	84
Cuadro N° 3.10	Requisitos de Material Bituminoso Diluido de Curado Medio.....	87
Cuadro N° 3.11	Rangos de Temperatura de Aplicación (°C) - Bitúmenes	90

Cuadro N° 3.12	Requerimientos para los Agregados Gruesos – Carpeta Asfáltica.....	93
Cuadro N° 3.13	Requerimientos para Caras Fracturadas – Carpeta Asfáltica.....	94
Cuadro N° 3.14	Requerimientos para los Agregados Finos – Carpeta Asfáltica.....	94
Cuadro N° 3.15	Requerimientos del Equivalente de Arena – Carpeta Asfáltica.....	94
Cuadro N° 3.16	Angularidad del Agregado Fino – Carpeta Asfáltica.....	95
Cuadro N° 3.17	Husos Granulométricos para agregados pétreos para mezcla asfáltica.....	95
Cuadro N° 3.18	Granulometría Filler.....	96
Cuadro N° 3.19	Tipo de Cemento Asfáltico Clasificado según Penetración.....	96
Cuadro N° 3.20	Requisitos para Mezcla de Concreto Bituminoso.....	102
Cuadro N° 3.21	Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA).....	102
Cuadro N° 3.22	Tolerancias admitidas en las mezclas asfálticas.....	104
Cuadro N° 3.23	Ensayos y Frecuencias.....	118

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

Figura N° 1.00	Mapa de la Vía en el Contexto Distrital.....	11
----------------	--	----

Capítulo II

Figura N° 2.00	Distribución Vehicular para el Tramo en Estudio.....	21
Figura N° 2.01	Perfil Estratigráfico.....	25
Figura N° 2.02	Calicata ejecutada en el tramo de estudio.....	26
Figura N° 2.03	Estructura de Pavimento Flexible.....	31
Figura N° 2.04	Variación del PSI en el tiempo.....	38
Figura N° 2.05	Relación PSI – IRI.....	39
Figura N° 2.06	Nomograma para determinar el Número Estructural.....	42
Figura N° 2.07	Software para determinar el Número Estructural.....	43
Figura N° 2.08	Sección Típica del Pavimento.....	44
Figura N° 2.09	Distribución Vehicular caso original.....	48
Figura N° 2.10	Preparación de la plataforma para la imprimación reforzada.....	52
Figura N° 2.11	Etapas de ejecución de la imprimación reforzada.....	53
Figura N° 2.12	Determinación del Numero Estructural.....	56

LISTA DE SÍMBOLOS

IMD	: Índice Medio Diario
MDS	: Máxima Densidad Seca
IP	: Índice Plástico
LL	: Límite Líquido
LP	: Límite Plástico
VAN	: Valor Actual Neto
TIR	: Tasa Interno de Retorno
PBI	: Producto Bruto Interno
EAL _(8.2 ton)	: Número de Ejes Equivalentes a 8.2 Ton. en el periodo de diseño
FD	: Factor Destructivo vehicular
r	: Tasa de crecimiento de vehicular
n	: Periodo de diseño
W ₁₈	: Número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 Ton
D _D	: Factor de distribución direccional
D _L	: Factor carril
ppm	: Partes por millón
pH	: Potencial de Hidrogeno
MTC	: Ministerio de Transportes y Comunicaciones
AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials.
SN	: Número Estructural.
PSI	: Índice de Serviciabilidad Presente.
TMAA	: Temperatura Media Anual del Aire (°C)
T _n	: Tránsito proyectado al año "n" en veh/día.
T _o	: Tránsito actual (año 0) en veh/día.
i	: Tasa de crecimiento del tránsito.

INTRODUCCIÓN

La carretera Cañete – Huancayo forma parte de la Red Vial Nacional, con código de ruta RN 022, la cual está integrada al Programa “Proyecto Perú” creado por Resolución Ministerial N° 223–2007–MTC-02, modificada por Resolución Ministerial N° 408-2007-MTC/02.

En el año 2004, mediante oficio N° 1411-2004-EF/68.01. el Director General de Programación Multianual del Sector Público del MEF autoriza la elaboración del Estudio de Factibilidad del Proyecto Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ruta 22, Tramo: Lunahuaná – Dv. Yauyos – Chupaca.

Esta carretera es una vía de comunicación que une los departamentos de Lima y Junín. Se presenta como una opción de vía para descongestionar la carretera Central, haciendo que las provincias que están involucradas directamente, desarrollen su economía. Sin embargo presenta características geométricas deficientes, las cuales provocan que su servicialidad final no sea la adecuada, además de estar afectada en épocas de lluvia de derrumbes y huaycos por condiciones naturales de la zona.

Por ende las vías terrestres del país tienen una vital importancia por que comunican poblados aislados, comunican ciudades importantes, permiten el ingreso y salida del interior del país. Debido a todos estos motivos es necesario contar con ingenieros que sepan afrontar los retos que se presenten en la construcción de las diferentes vías programadas, así como analizar las posibles vías rentables que podrían ayudar a mejorar la economía del país, no dejando de lado las nuevas tecnologías que día a día se van creando, lo cual nos conduce a vislumbrar ideas que antiguamente no eran factibles desarrollarlas.

CAPÍTULO I: PERFIL DEL PROYECTO

1.1 ASPECTOS GENERALES

La Carretera Cañete - Yauyos - Huancayo, ha sido construida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones con el objetivo de integrar la costa con la sierra, con la posibilidad futura de lograr el intercambio de las producciones hacia el mercado interno y externo, dentro de un marco de eficiencia económica y preservación del medio ambiente.

De acuerdo al contexto descrito, el siguiente perfil se encuentra inmerso dentro del marco de Ley 27293, Ley del Sistema Nacional de la Inversión Pública (SNIP), su Reglamento el Decreto Supremo N° 157-2002-EF y la Directiva Aprobada mediante Resolución Directoral N° 012-2002-EF/68.01.

Nombre del Proyecto:

- ✓ Estudio de Pre Inversión a nivel de Perfil de la Carretera: Pacarán - Zúñiga - Ronchas - Chupaca.

La principal entidad involucrada es el Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional - PROVIAS NACIONAL, cuya responsabilidad es la gestión de la Red Vial Nacional.

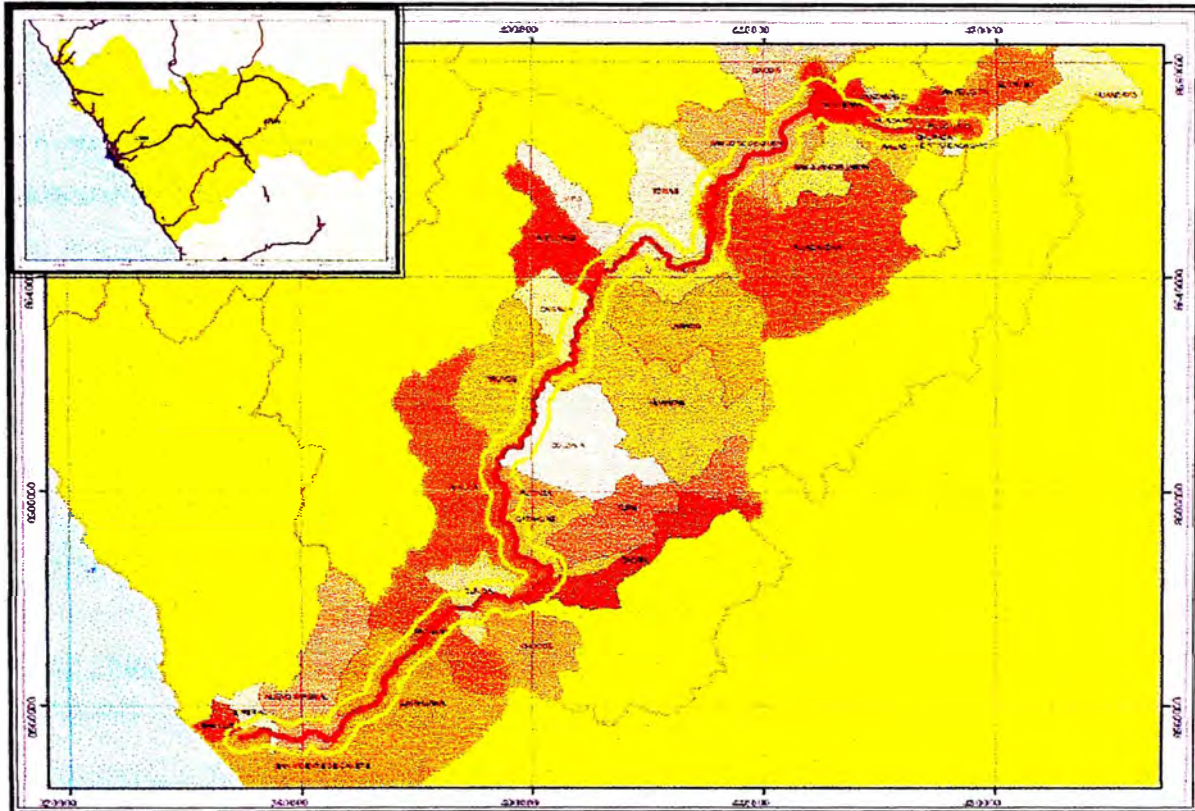
La Vía Pacarán – Zúñiga – Ronchas – Chupaca, pertenece a la Carretera con código de Ruta RN 022, cuya extensión es de aproximadamente 245.15 Km fue construida por el MTC. El tramo que pertenece al dpto. de Lima va desde Cañete, pasando por Lunahuaná, la desviación a Yauyos (Magdalena) hasta el Abra Negro Bueno y el tramo que pertenece al dpto. de Junín va desde el Abra Negro Bueno hasta Chupaca.

Los beneficiarios principales están conformados por los pobladores de todos los centros poblados de la zona de influencia del Proyecto, siendo éstos las localidades de Pacarán, Zúñiga, San Juan, Catahuasi, Capillucas, Calachota, Puente Auco, Magdalena, Yauyos, Tinco Huantán, Alis, Tomas, Tinco de

Yauricocha, San José de Quero, Chaquicocha, Collpa, Roncha, Angasmayo, Huarisca, Chupaca y zonas aledañas.

Figura N° 1.0

Mapa de la Vía en el Contexto Distrital



1.2 IDENTIFICACIÓN

1.2.1 Diagnostico de la Situación Actual

Los tramos considerados en el perfil se encuentran en proceso de rehabilitación y mejoramiento.

Para el tramo que corresponde a la región Costa, de Pacarán a Zúñiga, con una longitud de 21.15 km, presenta una condición regular, de topografía ondulada y superficie de rodadura predominante de afirmado estabilizado.

Para los tramos que se desarrollan en la región Sierra tenemos:

- ✓ De Zúñiga a Ronchas, con longitud de 207.73 km, presenta condición regular, de topografía accidentada y superficie de rodadura predominante de afirmado perfilado y compactado.
- ✓ De Ronchas a Chupaca, con longitud de 16.27 km, presenta condición mala, de topografía accidentada y superficie de rodadura predominante de afirmado.

La falta de mantenimiento oportuno, y de un adecuado sistema de drenaje ocasiona el deterioro acelerado de la vía. La carretera presenta problemas de ancho en la plataforma de rodadura, se ha evidenciado curvas con radios menores al mínimo establecido para este tipo de carretera; existen pendientes fuertes en longitudes menores a las recomendadas y taludes inestables entre otros que están comprometiendo y deteriorando la estabilidad de la vía, y en consecuencia pelagra la seguridad de transporte de pasajeros y de cargas especialmente en época de lluvias. De otro lado se ha observado que en la carretera el flujo vehicular es mínimo y se ha ido incrementando debido a la ejecución del Proyecto Hidroeléctrico "El Platanal".

1.2.2 Descripción del Problema y sus Causas

1.2.2.1 Definición del Problema

Los distritos de Zúñiga, Pacarán y Lunahuaná destinan la mayor parte de su producción agrícola para ser vendida principalmente en el mercado de Cañete y Lima, siendo el deterioro de la vía el principal problema que ocasiona en el poblador rural, en su condición de agricultor, dificultades para el traslado de sus productos, prolongando el tiempo de traslado y un elevado costo, colocando al agricultor en una situación desventajosa, ya que los precios de sus productos no compensan el incremento de los costos, lo que ocasiona un bajo nivel de vida de los pobladores.

Los distritos que se conforman a lo largo del valle del Río Cañete, desde el desvío a Yauyos hasta Zúñiga, destinan su producción al autoconsumo principalmente. Por tanto la relación con la Costa se da solamente por el acceso a servicios y a la gestión administrativa. Lo mismo sucede con la relación existente entre Yauyos y Huancayo, y en los centros poblados del abra Negro Mayo hasta Ronchas.

Ronchas, mantiene un vínculo económico muy marcado con Huancayo.

Por lo tanto el problema en este caso se puede definir como: "Deficiente Nivel de Transitabilidad y Deficiente Integración económica de los centros poblados del valle del Río Cañete con los corredores económicos de Lima - Cañete y Huancayo - Lima".

1.2.2.2 Análisis de las Causas

Definido el problema central, se han identificado las siguientes causas:

Causas Indirectas:

- ✓ Deficiente geometría vial.
- ✓ Fragilidad a los embalses de la naturaleza.
- ✓ Carencia de obras de infraestructura vial.

Causas Directas:

- ✓ Vía en regular condiciones de transitabilidad.

1.2.2.3 Análisis de los Efectos

Definido el problema central, se han identificado los siguientes efectos:

Efectos Indirectos:

- ✓ Flujo vehicular restringido.
- ✓ Pérdida y reducción de la producción agrícola.
- ✓ Aumento de los tiempos de viaje.

Efectos Directos:

- ✓ Aumento de los costos de transporte.
- ✓ Pérdida de competitividad de los productores.
- ✓ Deficiente acceso a servicios administrativos.
- ✓ Costos operativos vehiculares altos.

Lo que contribuye a un efecto final expresado como: "Bajo Nivel Socioeconómico de la Población Rural".

Se presenta el diagrama Árbol de Causas y Efectos en el Anexo N° 1.1.

1.2.3 Objetivo del Proyecto

El objetivo del presente proyecto luego de la identificación del problema principal es plantear una adecuada solución para mejorar el Nivel de Transitabilidad y Optimizar los Costos de Transportes entre los departamentos de Lima y Junín a través de la Ruta RN 022 - Carretera Cañete - Huancayo.

La realización de un adecuado mantenimiento de la vía y un óptimo diseño geométrico de la vía, permitirá contar con una buena infraestructura vial, la cual como un beneficio indirecto será descongestionar la Carretera Central.

Se presenta el diagrama Árbol de Medios y Fines en el Anexo N° 1.2.

1.2.4 Alternativas de Solución

Se plantea realizar el estudio en tres diferentes tramos, Pacarán – Zúñiga, Zúñiga – Ronchas y Ronchas – Chupaca. Donde las posibles alternativas planteadas para el mejoramiento de la carretera en cada uno de los tres tramos indicados son las siguientes:

- ALTERNATIVA 1** : Rehabilitación a nivel de Afirmado
- ALTERNATIVA 2** : Rehabilitación y Mejoramiento de los tramos a nivel de Tratamiento Superficial Bicapa.
- ALTERNATIVA 3** : Rehabilitación y Mejoramiento de los tramos a nivel de Carpeta Asfáltica en Caliente.

1.3 FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN

1.3.1 Horizonte del Proyecto

El horizonte de evaluación del proyecto se ha considerado 10 años, en el cual se prevé la operatividad y mantenimiento del proyecto en condiciones optimas de servicio para la obtención sucesiva de los beneficios sociales y económicos planteados.

1.3.2 Análisis de la Demanda

La demanda está determinada por el flujo de vehículos que transitan por las vías a mejorar. En la actualidad estas son transitadas por un número regular de vehículos como automóviles (privado y servicio colectivo), combis, microbús, ómnibus y camiones.

Para tener como dato los IMD de la zona en estudio, se tomaron los datos realizados en un estudio anterior (Estudio de Factibilidad del Proyecto Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Lunahuaná – Dv. Yauyos – Chupaca. PROVIAS NACIONAL – MTC - VOL. II – FACTIBILIDAD TÉCNICA – ECONÓMICA Julio -05). Los cuales fueron actualizados al año 2008 en función al valor de %PBI nacional entre los años 2,002 y 2,008, obtenidos de la base de datos del INEI, el cual como dato promedio se utilizo 6.74%.

Cuadro N° 1.00

Determinación de %PBI a utilizar

ITEM	AÑO	% PBI
1	2002	5.00%
2	2003	4.00%
3	2004	5.10%
4	2005	6.70%
5	2006	7.60%
6	2007	9.00%
7	2008	9.80%
Promedio		6.74%

Fuente: INEI

Con estas consideraciones se obtuvieron para los tramos en análisis los siguientes valores del IMD proyectados al 2,008:

Cuadro N° 1.01

Resumen IMD por Tramos de Estudio

TRAMOS	TIPO DE VEHÍCULO							IMD (veh/día)
	Auto móvil	Camioneta	Bus Mediano	Bus Grande	Camión 2E	Camión 3E	Articulado	
Tramo I: Pacarán - Zúñiga	69	50	124	22	47	4	7	323
Tramo II: Zúñiga - Ronchas	1	9	1	16	9	6	1	43
Tramo III: Ronchas - Chupaca	293	26	16	6	29	4	45	419

Fuente: Propia

1.3.3 Análisis de la Oferta

Existe deficiente transitabilidad para llegar desde Cañete hasta Huancayo, para el estudio a nivel perfil se considero las siguientes características:

Tramo I, de 4.15 km entre Pacarán (Km 57+750), y Zúñiga (Km 61+900) se está considerando que se desarrolla en una topografía ondulada, y se encuentra a nivel de trocha en mal estado.

Tramo II, de 207.73 km entre Zúñiga (Km 61+900), y Ronchas (Km 269+630) se está considerando que se desarrolla en una topografía accidentada, y se encuentra a nivel afirmado en mal estado.

Tramo III, de 16.27 km entre Ronchas (Km 269+630), y Chupaca (Km 285+900) se está considerando que se desarrolla en una topografía ondulada, y se encuentra a nivel de trocha en mal estado.

1.3.4 Balance Oferta-Demanda

Frente a la demanda descrita y la oferta vial existente, se plantea mejorar la carretera en base a las siguientes características principales de proyecto:

Tramo I: Pacarán (km 57+750) – Zúñiga (km 61+900)

Clasificación Vial	:	Tercera Clase, doble calzada
Velocidad Directriz	:	60 km/hr.
Radios Mínimos	:	105 m
Ancho superficie rodadura	:	6.0 m
Pendiente máxima	:	12 %
Superficie Rodadura	:	Variable dependiendo de la alternativa
Sistema de drenaje	:	Cunetas triangulares revestidas

Tramo II: Zúñiga (km 61+900) – Ronchas (km 269+630)

Clasificación Vial	:	Tercera Clase, doble calzada
Velocidad Directriz	:	30 km/hr.
Radios Mínimos	:	45 m
Ancho superficie rodadura	:	6.0 m
Pendiente máxima	:	12 %
Superficie Rodadura	:	Variable dependiendo de la alternativa
Sistema de drenaje	:	Cunetas triangulares revestidas

Tramo III: Ronchas (km 269+630) – Chupaca (km 285+900)

Clasificación Vial	:	Segunda Clase, doble calzada
Velocidad Directriz	:	60 km/hr.
Radios Mínimos	:	105 m
Ancho superficie rodadura	:	6.0 m
Pendiente máxima	:	12 %
Superficie Rodadura	:	Variable dependiendo de la alternativa
Sistema de drenaje	:	Cunetas triangulares revestidas

1.3.5 Costos Estimados

Se considero, los costos operativos vehiculares (COV) en base a los costos modulares elaborados por la Oficina General de Presupuesto y Planificación del MTC.

Los costos de inversión a nivel de asfaltado han sido tomados del borrador del Estudio de Factibilidad del Proyecto Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Lunahuaná – Dv. Yauyos – Chupaca. Estimado en base a experiencias anteriores en zonas similares el costo de inversión a nivel de Tratamiento Superficial Bicapa y a nivel de Afirmado han sido estimados afectando por un porcentaje de **85%** y **80%** respectivamente del costo de inversión a nivel de asfaltado.

Para la conversión de precios de mercado (financieros) a precios económicos se han utilizado los factores de **0.75** para los costos de mantenimiento y **0.79** para los de inversión.

Cuadro N° 1.02

Costos Financieros y Económicos de Inversión de las Alternativas x Km

TRAMOS	Alternativas del Proyecto	Longitud (km)	Costo Construcción (miles US\$/km a precios financieros)	Costo Construcción (miles US\$/km a precios económicos)
	Situacion Base	228.15		
I (57+750 - 61+900)	A nivel de afirmado	4.15	379,580.94	299,868.94
	A nivel de TSB		403,304.75	318,610.75
	A nivel de asfaltado		474,476.18	374,836.18
II (61+900 - 269+630)	A nivel de afirmado	207.73	379,580.94	299,868.94
	A nivel de TSB		403,304.75	318,610.75
	A nivel de asfaltado		474,476.18	374,836.18
III (269+630-285+900)	A nivel de afirmado	16.27	379,580.94	299,868.94
	A nivel de TSB		403,304.75	318,610.75
	A nivel de asfaltado		474,476.18	374,836.18

Fuente: Propia

Para el análisis del presente perfil se plantea que la inversión se ejecutará en dos años, con el 50% de avance en el primer año 2,009 y 50% en el segundo el 2,010 teniendo como horizonte del proyecto 10 años.

Cuadro N° 1.03

Costos Financieros y Económicos de Mantenimiento (km – año)

Tramo	Alternativas del proyecto	Longitud (km)	Costo de Mantenimiento (miles US\$/km a precios financieros)	Costo de Mantenimiento (miles US\$/km a precios económicos)
	Situación Base	228.15	14,000.00	10,500.00
I (57+750 - 61+900)	A nivel de afirmado	4.15	11,000.00	8,250.00
	A nivel de TSB		8,000.00	6,000.00
	A nivel de asfaltado		5,000.00	3,750.00
II (61+900 - 269+630)	A nivel de afirmado	207.73	11,000.00	8,250.00
	A nivel de TSB		8,000.00	6,000.00
	A nivel de asfaltado		5,000.00	3,750.00
III (269+630-285+900)	A nivel de afirmado	16.27	11,000.00	8,250.00
	A nivel de TSB		8,000.00	6,000.00
	A nivel de asfaltado		5,000.00	3,750.00

Fuente: Propia

1.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para obtener los beneficios del proyecto, se comparó los flujos de costos de la situación "Sin Proyecto" con los flujos de costos de la situación "Con Proyecto" (costos de mantenimiento y de operación vehicular) luego se restan los costos de la inversión y de esa diferencia se obtiene el flujo de beneficios netos que permitió conocer el grado de rentabilidad del proyecto, medido mediante los indicadores Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Actual Neto (VAN). Para el cálculo los flujos se actualizan con una tasa de descuento social igual al 11% Este procedimiento se empleó para cada alternativa planteada.

Luego de los cálculos realizados se determinaron los siguientes resultados finales, mostrados en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 1.04

Resumen Alternativas Elegidas

TIPO DE VEHÍCULO	ALTERNATIVA ELEGIDA	VAN (S/.)	TIR (%)
Tramo I: Pacarán - Zúñiga	TSB	211,110.48	14.7%
Tramo II: Zúñiga - Ronchas	Afirmado	-43,471,542.10	-13.2%
Tramo III: Ronchas - Chupaca	Carpeta Asfáltica	2,259,820.50	19.2%

Fuente: Propia

En la evaluación económica del Tramo II (Zúñiga-Ronchas), se obtuvo para cada una de las alternativas planteadas que no era rentable realizar una inversión, en los casos propuestos. Sin embargo a modo de solución social en este tramo se eligió rehabilitar la vía a nivel de una superficie de rodadura de Afirmado, solo para el caso del perfil elaborado.

Realizando para cada alternativa elegida un análisis de sensibilidad, que consto en variar el monto de la inversión incrementándolo o disminuyéndolo en un rango de -20% y 20% se obtuvieron los resultados presentados en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 1.05
Análisis de Sensibilidad Alternativas Elegidas

TRAMO I: PACARÁN - ZÚÑIGA (TSB)				
INDICADORES	INVERSIÓN			
	20%	10%	-10%	-20%
	483,965.70	443,635.22	362,974.27	322,643.80
VAN (S/.)	-40,233.21	85,438.63	336,782.33	462,454.18
TIR	10.38%	12.40%	17.38%	20.52%

TRAMO II: ZÚÑIGA - RONCHAS (Afirmado)				
INDICADORES	INVERSIÓN			
	20%	10%	-10%	-20%
	455,497.13	417,539.03	341,622.85	303,664.75
VAN (S/.)	-55,312,591.32	-49,392,066.71	-37,551,017.49	-31,630,492.87
TIR			-11.64%	-9.84%

TRAMO III: RONCHAS - CHUPACA (Carpeta Asfáltica)				
INDICADORES	INVERSIÓN			
	20%	10%	-10%	-20%
	569,371.41	521,923.79	427,028.56	379,580.94
VAN (S/.)	1,100,540.00	1,680,180.25	2,839,460.75	3,419,101.00
TIR	14.51%	16.69%	22.08%	25.49%

Fuente: Propia

CAPÍTULO II: DISEÑO DEL PAVIMENTO

2.1 ESTUDIO DE TRAFICO Y CARGAS

2.1.1 Estudio Volumétrico

Para el presente estudio se consideró como dato base, la cantidad de vehículos indicados en el perfil mencionado en el capítulo anterior (Cuadro 1.01). El tramo en estudio se desarrolla del **Km 163+800 al Km 164+100**, el cual dentro de los tramos mencionados en el perfil indicado corresponde al **Tramo II** (Zúñiga-Ronchas).

En dicho tramo, al año 2,008 se obtuvo un valor de IMD igual a 43. Sin embargo no se está considerando el tráfico que como consecuencia del mejoramiento de la vía se podría desviar de la ruta Huancayo – La Oroya – Lima.

Teniendo como dato los valores de IMD elaborados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Mapa: Tráfico Vial - MTC) para las vías de comunicación del Perú y solo para fines de elaboración del presente estudio y en base a una experiencia anterior (caso: Carretera Yura - Patahuasi), se incrementará el valor del IMD local (IMD = 43) con un 30% del valor del IMD promedio de la ruta Huancayo – La Oroya – Lima (IMD = 1367).

En base a estas consideraciones se elaboró el Cuadro N° 2.00 y la Figura N° 2.00, donde se indica los tipos de vehículos considerados así como el porcentaje de distribución de cada uno de ellos (año 0).

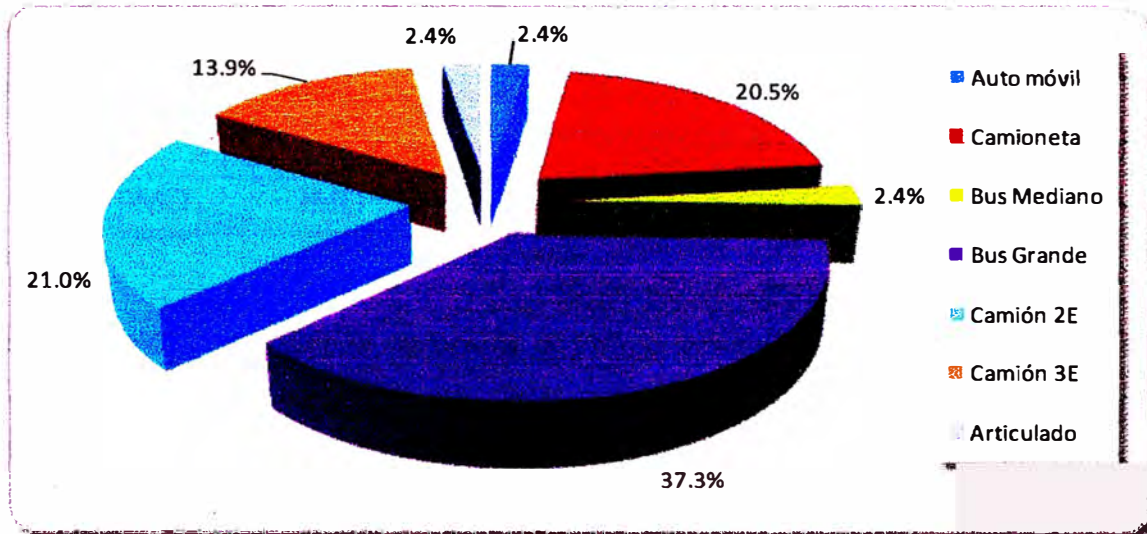
Cuadro N° 2.00
Valores de IMD para Diseño de Pavimento

TIPO DE VEHÍCULO	IMD		IMD TOTAL (veh/día)	DISTRIBUCIÓN (%)
	LOCAL	DESVIADO		
Auto móvil	1	10	11	2.4%
Camioneta	9	84	93	20.5%
Bus Mediano	1	10	11	2.4%
Bus Grande	16	153	169	37.3%
Camión 2E	9	86	95	21.0%
Camión 3E	6	57	63	13.9%
Articulado	1	10	11	2.4%
TOTAL	43	410	453	100%

Fuente: Propia

Figura N° 2.00

Distribución Vehicular para el Tramo en Estudio



Fuente: Propia

2.1.2 Proyecciones del Tráfico

El procedimiento de análisis de tráfico es importante y puede variar de acuerdo a la metodología empleada, sin embargo los resultados deben ser compatibles de acuerdo con la cantidad de vehículos de diferente tipo que transitan por la vía. Para el presente estudio se considerará un periodo de diseño de 10 años, y se desarrollo en base al cuadro N° 2.00.

Cuadro N° 2.01

Crecimiento Normal Anual del Tráfico

AÑO	TIPO DE VEHICULO							TOTAL (veh/año)
	Auto movil	Camioneta	Bus Mediano	Bus Grande	Camión 2E	Camión 3E	Articulado	
2009	11	93	11	169	95	63	11	453
2010	12	99	12	180	101	67	12	484
2011	13	106	13	193	108	72	13	516
2012	13	113	13	206	116	77	13	551
2013	14	121	14	219	123	82	14	588
2014	15	129	15	234	132	87	15	628
2015	16	138	16	250	141	93	16	670
2016	17	147	17	267	150	99	17	715
2017	19	157	19	285	160	106	19	763
2018	20	167	20	304	171	113	20	815

Fuente: Propia

El tráfico obtenido corresponde al Tráfico Normal, que existe independientemente de las mejoras en la vía y tiene un crecimiento vegetativo, el cual fue calculado en función al %PBI (6.74%) mencionado en el capítulo anterior (Cuadro N° 1.00) y en función a la siguiente fórmula:

$$\boxed{\text{IMD}_{\text{futuro}} = \text{IMD} * (1 + \% \text{PBI})}$$

.....Fórmula 1.00

Pero una vez mejorada la carretera el tráfico inducido o generado es el que se obtiene en forma adicional, es decir aquel que se puede establecer como resultado de la rehabilitación y política de mantenimiento que se le imponga a la vía, para el cual se considero una tasa de crecimiento de 20% del Tráfico Normal sostenido en el tiempo proyectado para el funcionamiento de la vía.

Cuadro N° 2.02
Tráfico Generado

AÑO	TIPO DE VEHICULO							TOTAL (veh/año)
	Auto movil	Camioneta	Bus Mediano	Bus Grande	Camión 2E	Camión 3E	Articulado	
2009								0
2010								0
2011	3	21	3	39	22	14	3	103
2012	3	23	3	41	23	15	3	110
2013	3	24	3	44	25	16	3	118
2014	3	26	3	47	26	17	3	126
2015	3	28	3	50	28	19	3	134
2016	3	29	3	53	30	20	3	143
2017	4	31	4	57	32	21	4	153
2018	4	33	4	61	34	23	4	163

Fuente: Propia

Este tráfico, es decir el generado es el que conjuntamente con el tráfico Normal, quedan como establecidos como consecuencia de la aplicación de las variables socioeconómicas representadas por los factores y tasas empleadas en las proyecciones.

Cuadro N° 2.03

Tráfico Total

AÑO	TIPO DE VEHICULO							TOTAL (veh/año)
	Auto movil	Camioneta	Bus Mediano	Bus Grande	Camión 2E	Camión 3E	Articulado	
2009	11	93	11	169	95	63	11	453
2010	12	99	12	180	101	67	12	484
2011	15	127	15	231	130	86	15	619
2012	16	136	16	247	139	92	16	661
2013	17	145	17	263	148	98	17	706
2014	18	155	18	281	158	105	18	753
2015	20	165	20	300	169	112	20	804
2016	21	176	21	320	180	119	21	858
2017	22	188	22	342	192	127	22	916
2018	24	201	24	365	205	136	24	978

Fuente: Propia

2.1.3 Ejes Equivalentes para el Diseño del Pavimento

El pavimento es diseñado en función al tráfico y peso de vehículos que circularán durante la vida útil del pavimento. Cuando mayor es la importancia de la vía tanto en volumen como en carga de tráfico, se requieren mayores coeficientes de seguridad para estimar el tráfico futuro. La falta de información sobre las posibilidades de cargas actuales y futuras, obliga a veces a estimar esos valores; dicha suposición implica riesgos considerables, como podría ser la posibilidad de un sobre dimensionamiento de un pavimento por la incertidumbre en la estimación.

Con los factores destructivos del pavimento, el IMD, la tasa de crecimiento del tráfico, se calcula la cantidad acumulada de ejes equivalentes (EAL) a 8.2 Ton.

$$EAL_{(8.2Tn)} = 365 * \sum [IMD_i * FD_i] * \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right]$$

Fórmula 1.01

Donde:

$EAL_{(8.2 Tn)}$: Número de Ejes Equivalentes a 8.2 Ton. en el periodo de diseño.

IMD_i : Índice medio diario del tipo de vehículo i.

FD_i : Factor Destructivo del tipo de Vehículo i.

r : Tasa de crecimiento de los vehículos (r = 6.74%).

n : Periodo de diseño (n = 10 años).

Se obtuvo el Número de repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 Ton con:

$$W_{18} = D_D * D_L * EAL$$

.....Fórmula 1.02

Donde:

- W_{18} : Número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 Ton.
 D_D : Factor de distribución direccional. Corresponde a carreteras de dos direcciones por calzada 0.5.
 D_L : Factor carril, corresponde a un carril por dirección o sentido ($D_L=1$).

En la Carretera Cañete - Yauyos - Huancayo no se cuenta con información censal de pesos por eje, por ende se consideró los datos del proyecto de una carretera con características similares, del Expediente Técnico de la Carretera Trujillo - Shorey - Huamachuco, donde los valores de Factor de Carga son:

- ✓ F.C. Veh. Ligeros = 0.0027
- ✓ F.C. Ómnibus = 1.51
- ✓ F.C. Camiones:
 - 2 Ejes = 2.73
 - 3 Ejes = 3.02
- ✓ F.C. Camiones Articulados:
 - T2S3 = 5.06
 - T3S3 = 5.31

Cuadro Nº 2.04

Cálculo de ejes equivalentes periodo de diseño de 10 años

TIPO DE VEHICULO	r (%)	IMD	Factor de Carga	t (años)	$\frac{[(1+r)^n-1]}{r}$	EAL ANUAL	Factor Direccional	Factor Carril	W_{18}
Auto movil	6.74%	11	0.0027	10	13.65	1.48E+02	0.50	1.00	7.40E+01
Camioneta	6.74%	93	0.0027	10	13.65	1.25E+03	0.50	1.00	6.25E+02
Bus Mediano	6.74%	11	0.0027	10	13.65	1.48E+02	0.50	1.00	7.40E+01
Bus Grande	6.74%	169	1.5100	10	13.65	1.27E+06	0.50	1.00	6.36E+05
Camión 2E	6.74%	95	2.7300	10	13.65	1.29E+06	0.50	1.00	6.46E+05
Camión 3E	6.74%	63	3.0200	10	13.65	9.48E+05	0.50	1.00	4.74E+05
Articulado	6.74%	11	5.1850	10	13.65	2.84E+05	0.50	1.00	1.42E+05
TOTAL		453				3.80E+06			1.90E+06

Fuente: Propia

Por lo tanto: $W_{18} = 1.90 E+06$; $EAL = 3.80 E+06$

2.2 ESTUDIO DE SUELOS Y CANTERAS

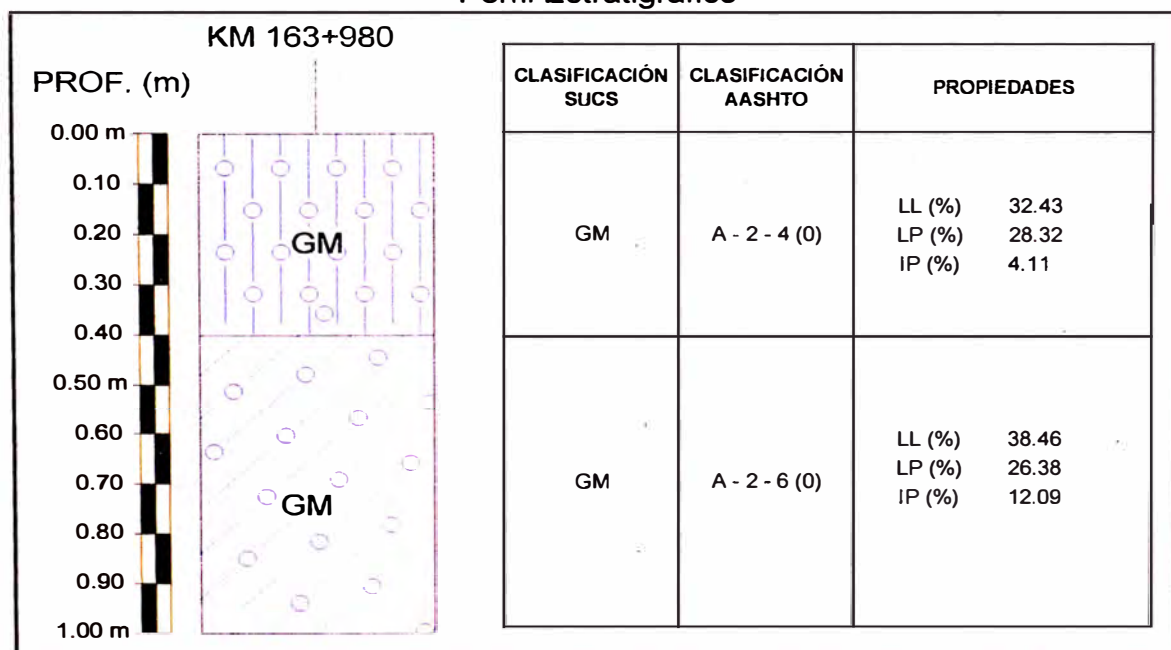
2.2.1 Estudio de Suelos

El objeto del estudio de suelos es conocer las características y condiciones del suelo sobre el cual se construirá la estructura del pavimento. Para tal fin se llevo a cabo un trabajo previo de recopilación de información, así como también un trabajo de exploración de campo, ensayos de laboratorio y trabajos de gabinete para determinar las características generales de los suelos que integran el tramo en estudio.

El tramo en estudio se desarrolla entre las progresivas Km 163+800 al Km 164+100 de la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo. La plataforma existente está compuesta de terreno natural, solo con trabajos de perfilado.

Se ejecutó una calicata en la progresiva Km. 163+980, a 1.00 m de profundidad, no se encontró nivel freático. Se diferenciaron 2 tipos de suelos, por la coloración que presentaban, se extrajeron muestras de los suelos identificados, de dichas muestras se realizaron ensayos de clasificación de suelos en el Sistema SUCS y AASHTO respectivamente. De acuerdo a la clasificación SUCS, el suelo es granular predominante del tipo GM.

Figura N° 2.01
Perfil Estratigráfico



Fuente: Propia

Figura N° 2.02

Calicata ejecutada en el tramo de estudio (km 163+980)



Fuente: Propia

De acuerdo al perfil estratigráfico, se identificaron dos tipos de suelos.

- ✓ La primera muestra, hasta una profundidad de 0.40 m con las siguientes características:
 - % Grava : 61.90 %
 - % Arena : 18.60 %
 - % Finos : 19.60 %
- ✓ La segunda muestra, desde una profundidad de 0.40 m hasta una profundidad de 1.00 m, presenta las características siguientes:
 - % Grava : 53.90 %
 - % Arena : 26.70 %
 - % Finos : 19.30 %

Se realizaron los ensayos en el Laboratorio N° 2 de Mecánica de Suelos, de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería - Lima (Anexo N° 2.1) De acuerdo a las Normas:

- ✓ Análisis Granulométrico por tamizado : ASTM – D-422
- ✓ Límites de Consistencia : ASTM – D-4318

Para la determinación de la Capacidad de Soporte (CBR), se ha tomado la información contenida en el estudio de Factibilidad del Proyecto de Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Lunahuaná - Dv. Yauyos – Chupaca, de donde se obtuvo los siguientes valores:

Cuadro N° 2.05

Valor de Soporte del Terreno de Fundación (CBR)

PROGRESIVA (km)	CBR (95% M.D.S.)
160+800	6.80
165+200	6.20

Fuente: Estudio de Factibilidad del Proyecto de Mejoramiento de la Carretera Lunahuaná - Dv. Yauyos - Chupaca

Para la determinación del valor representativo del valor de la capacidad de soporte el terreno de fundación se empleo métodos estadísticos (percentiles), basados en los criterios recomendados por el Instituto del Asfalto (USA), el cual está dado en función al valor del trafico proyectado (EAL de diseño), indicados en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 2.06

Valor de Percentil para tráfico de diseño

NIVEL DE TRAFICO (EAL)	PERCENTIL DE DISEÑO (%)
10 ⁴ o menor	60.00
Entre 10 ⁴ y 10 ⁶	75.00
10 ⁶ o mas	87.50

Fuente: Estudio de Factibilidad del Proyecto de Mejoramiento de la Carretera Lunahuaná - Dv. Yauyos - Chupaca

Para el tramo en estudio y en función a los cálculos realizados en el cuadro N° 2.04, se determino un valor de **EAL = 3.80 E+06**, por ende el valor de percentil de diseño es 87.50%, con lo cual se determino:

✓ **CBR_{sub rasante} = 6.28 % para 95% MDS**

En el aspecto geológico, la zona de estudio está inmerso en la Formación Chilca, que comprende derrames lávicos andesíticos, con intercalaciones de brechas piroclásticas y con calizas, con tonalidades gris verdosas y marrón violáceos.

2.2.2 Estudio de Canteras

Se realiza el estudio de canteras con la finalidad de detectar volúmenes alcanzables y explotables de materiales adecuados que satisfagan las demandas de la construcción del tramo en estudio de la carretera en mención.

Para la determinación de la aceptación de canteras es necesario la ejecución de ensayos de acuerdo a las necesidades o trabajos que se van a ejecutar, ya sea para material de relleno, sub bases granulares, bases granulares, carpeta asfáltica y/o concretos.

Los principales ensayos a realizar en la cantera evaluada serán:

✓ Análisis Granulométrico	Norma ASTM D-422
✓ Material que Pasa el Tamiz N° 200	Norma ASTM D-1140
✓ Límites de Consistencia	Norma ASTM D-4318
✓ Proctor Modificado	Norma ASTM D-1556
✓ CBR	Norma ASTM D-1883
✓ Abrasión "Los Ángeles"	Norma ASTM C-131
✓ Durabilidad	Norma ASTM C-88
✓ Equivalente de Arena	Norma ASTM D-2419
✓ Peso Específico	Norma ASTM D-854
✓ Sales Solubles totales	Norma MTC E 219
✓ Contenido de humedad	Norma ASTM D-2216

Se detallará más detenidamente los parámetros necesarios para la aceptación de las canteras en el capítulo III, donde se indicará los ensayos necesarios de acuerdo a los trabajos planteados a realizarse en el tramo en estudio, como son material de relleno para terraplenes, sub base granular, base granular y carpeta asfáltica.

Sin embargo del Estudio de Ingeniería e Impacto Ambiental, Red Vial N° 6, Carretera Lunahuaná – Huancayo - AYESA – ALPHA CONSULT S.A., que realizo diferentes ensayos a diversas canteras de la carretera en mención, se determino la siguiente cantera para la ejecución de los trabajos del tramo en estudio

✓ **Cantera Rumichaca I (km 136+200)**

El material de ésta cantera es granular, con partículas angulosas a sub angulosas, con escasa cantidad de finos – menor de la malla N° 200.

En el sistema SUCS clasifica como clasificación GP, GC, GW-GC, SW-SC, y en sistema AASHTO como A-1a (0), A-2-4 (0).

La potencia de la zona estudiada es de aproximadamente 105,000 m³, con un 90% de rendimiento.

Cuadro N° 2.07

Ensayos de Laboratorio de Cantera Seleccionada

Propiedades de Índice											
CALICATA	MUESTRA	PROF. (m)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% QUE PASA)				CLASIFICACIÓN DE SUELOS		LÍMITES DE ATTERBERG %		
			N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	SUCS	AASHTO	L.L.	L.P.	I.P.
CR - 2	M - 1	0.00 - 1.50	54.40	40.2	23.2	14.9	GC	A-2-4 (0)	22.2	12.8	9.4
CR - 5	M - 2	0.80 - 1.70	50.58	37.2	21.2	11.0	GW - GC	A-2-4 (0)	22.0	15.3	6.7
CR - 6	M - 2	0.70 - 1.50	27.12	16.2	9.0	4.9	GP	A-2-4 (0)	24.2	15.9	8.3
CR - 8	M - 2	0.90 - 3.00	43.91	31.2	18.4	6.4	GW - GC	A-2-4 (0)	23.2	15.5	7.7
CR - 9	M - 2	0.70 - 1.40	64.33	39.4	15.5	6.7	SW - SC	A-1a (0)	19.4	13.6	5.8

Ensayos de Soporte de California (CBR)

CALICATA	MUESTRA	PROF. (m)	PROCTOR MODIFICADO		C.B.R. para 0.1"	
			M.D.S. (gr/cm ³)	O.C.H. (%)	95% de la M.D.S. (%)	100% de la M.D.S. (%)
CR - 5	M - 2	0.80 - 1.70	2.248	7.2	58	90
CR - 8	M - 2	0.90 - 3.00	2.223	7.8	54	89

Ensayos Especiales

CALICATA	MUESTRA	PROF. (m)	EQUIVALENTE DE ARENA (%)	ABRASIÓN (%)	DURABILIDAD (%)	
				A. Grueso	A. Grueso	A. Fino
CR - 2	M - 1	0.00 - 1.50	75.1	10.00	3.00	1.50

Ensayos Químicos

CALICATA	MUESTRA	PROF. (m)	CLORUROS (CL) (ppm)	SULFATOS (SO ₄) (ppm)	SALES SOLUBLES TOTALES (S.S.T.) (ppm)
CR - 2	M - 1	0.00 - 1.50	76.88	325.40	1,628.71

Fuente: Estudio de Ingeniería e Impacto Ambiental, Red Vial N° 6, Carretera Lunahuaná – Huancayo - AYESA – ALPHA CONSULT S.A.

2.2.3 Fuentes de Agua y Botaderos

✓ Fuentes de Agua

Como fuente de agua se han considerado la proveniente del río Alis. En este caso del Río Alis, se ha determinado como fuente de agua en la progresiva Km 160+500, con un acceso a 150 m de la vía.

Cuadro N° 2.08

Ensayos Químicos de Fuente de Agua

FUENTE DE AGUA	LOCALIZACIÓN	PROGRESIVA (Km)	PH	CLORUROS (CL) (ppm)	SULFATOS (SO ₄) (ppm)	SALES SOLUBLES TOTALES (S.S.T.) (ppm)	MATERIAL ORGANICO (M.O.) (%)
RIO ALIS	Alis	177 + 000	7.22	35.46	48.03	510.00	0.00

Fuente: Estudio de Ingeniería e Impacto Ambiental, Red Vial N° 6, Carretera Lunahuaná – Huancayo - AYESA – ALPHA CONSULT S.A.

El agua por emplear en las mezclas de concreto deberá estar limpia y libre de impurezas perjudiciales, tales como aceite, ácidos, álcalis y materia orgánica.

Se considera adecuada el agua que sea apta para consumo humano, debiendo ser analizado según norma MTC E 716. El agua deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad

Cuadro N° 2.09

Valores límites de calidad del agua potable

ENSAYOS	TOLERANCIAS
Sólidos en Suspensión (ppm)	5000 máx.
Materia Orgánica (ppm)	3,00 máx.
Alcalinidad NaHCO ₃ (ppm)	1000 máx.
Sulfatos como ión Cl (ppm)	1000 máx.
pH	5,5 a 8

Fuente: Norma MTC E 716 – EM-2000

✓ Botadero

Se ha determinado la ubicación del botadero a emplear en el km 181+000 con un volumen de recepción de 180,000.00 m³. El cual servirá para depositar los materiales excedentes de la construcción del tramo en estudio.

Para el tramo en estudio se elaboro un Diagrama de Canteras, Fuentes de Agua y Botaderos indicados en el Anexo N° 3.1.

2.3 DISEÑO DEL PAVIMENTO

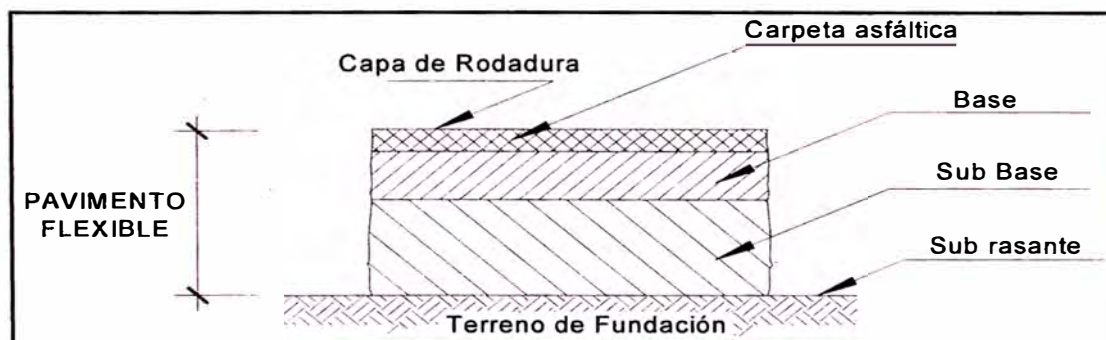
La estructuración de un pavimento, así como las características de los materiales empleados en su construcción, ofrecen una variedad de posibilidades, de tal manera que puede estar formado por solo una o varias capas, y a su vez, éstas pueden ser de materiales naturales seleccionados, procesados y/o sometidos a algún tipo de tratamiento y/o estabilización.

Los pavimentos flexibles son aquellos que tienen una base flexible o semi-rígida, sobre la cual se ha construido una capa de rodamiento con mezcla bituminosa.

Se caracterizan estos pavimentos porque transmiten a la subrasante las cargas que reciben solo en las zonas próximas a la aplicación de la carga. La carga de diseño es puntual y las diferentes capas que la constituyen tienen un buen comportamiento resistente al esfuerzo cortante. Su estudio se basa en la teoría de Boussinesq.

Figura N° 2.03

Estructura de Pavimento Flexible



Fuente: Propia

Los pavimentos flexibles, debido a la falta de cohesión de sus capas, son muy flexibles y se deforman con el peso de las cargas de los vehículos. La superficie bajo la carga y a causa de ella, forma una depresión de dimensiones pequeñas y de flecha relativamente importante (que oscila entre una fracción y varios milímetros, según los casos) y tienen como efecto la localización de presiones bajo el suelo subyacente, en un pequeño radio alrededor del eje de la carga. Para difundir estas presiones y reducir el valor máximo sobre el eje de la carga, es preciso aumentar el espesor del pavimento.

Estas consideraciones son la base de los sistemas de cálculo de pavimentos flexibles que relacionan el espesor requerido con las presiones máximas admisibles sobre el suelo para una carga dada.

Elementos que conforman un pavimento:

i. Subrasante

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

ii. Sub Base

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura del pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una subrasante o subbase adecuada. Esta capa de material se coloca entre la subrasante y la capa de base, sirviendo como material de transición, en los pavimentos flexibles.

iii. Base

Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la subbase y a través de ésta a la subrasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura. Pudiendo ser bases granulares o estabilizadas.

✓ **Base Granular**

Material constituido por piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno o bien por una combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. Todos estos materiales deben ser clasificados para formar una base integrante de la estructura de pavimento. Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, y todas estas propiedades dependerán de la proporción de finos con respecto al agregado grueso.

✓ **Base Estabilizada**

Es la capa formada por la combinación de piedra o grava trituradas, combinadas con material de relleno, mezclados con materiales o productos estabilizadores, preparada y construida aplicando técnicas de estabilización, para mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia, para constituir una base integrante del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a la capa de subbase.

iv. Superficie de Rodadura

Es la capa que se coloca sobre la base. Su objetivo principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores. Evita la desintegración de las capas subyacentes a causa del tránsito de vehículos.

Asimismo, la superficie de rodadura contribuye a aumentar la capacidad soporte del pavimento, absorbiendo cargas, si su espesor es apreciable (mayor de 3"), excepto el caso de riegos superficiales, ya que para estos se considera nula. Las capas de mezclas asfálticas no deben tener espesores menores a 2.5 cm.

No siempre un pavimento flexible se compone de todas las capas indicadas; la ausencia de una o varias de ellas depende de la capacidad portante del terreno de fundación, de la clase de material a utilizarse, del tipo de carpeta asfáltica, intensidad del tránsito, carga de diseño, etc.

2.3.1 Método para el Diseño del Pavimento

Para el presente informe se desarrollo el diseño de los espesores del pavimento para el tramo en estudio siguiendo la metodología de usada actualmente en el medio, metodología de la American Association of State Highway and

Transportation Officials (AASHTO), el cual se comparo con la metodología del Instituto Norteamericano del Asfalto.

2.3.1.1 Metodología AASHTO

La metodología AASHTO tiene aceptación mundial debido a que se fundamenta en informaciones experimentales. Consiste en determinar un Numero Estructural (SN) requerido por el pavimento a fin de soportar el volumen del tránsito satisfactoriamente durante su periodo de diseño.

Los números estructurales (SN), del pavimento son obtenidos mediante la expresión siguiente:

$$\text{Log}_{10} W_{18} = Z_r S_o + 9.36 \text{Log}_{10} (\text{SN} + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10} \left[\frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5} \right]}{\frac{0.40 + 1094}{(\text{SN} + 1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10} M_r - 8.07$$

Fórmula 1.03

Donde:

- W_{18} : Número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 Ton. (80 kN).
- Z_r : Desviación Standard Normal, para el Nivel de Confiabilidad, R, seleccionado.
- S_o : Desviación estándar de todas las variables.
- ΔPSI : Pérdida de servicialidad.
- M_r : Módulo resiliente de la subrasante.
- SN : Número Estructural.

La expresión que relaciona el número estructural (SN) con los espesores de capa es la siguiente:

$$\text{SN} = a_1 \times D_1 + a_2 \times m_2 \times D_2 + a_3 \times m_3 \times D_3$$

.....Fórmula 1.04

Donde:

- a_1, a_2, a_3 : Coeficiente estructural de la capa (superficie de rodadura, base y sub base, respectivamente).
- m_2, m_3 : Coeficientes de drenaje (base y sub base).
- D_1, D_2, D_3 : Espesores de capa, en pulgadas (superficie de rodadura, base y sub base).

Esta expresión (Fórmula 1.04) tiene muchas soluciones, en función de las diferentes combinaciones de espesores; no obstante, existen normativas que tienden a dar espesores de capas que deben ser construidas y protegidas de deformaciones permanentes, por efecto de las capas superiores de mayor resistencia.

i. Parámetros de Diseño:

a. Número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 Ton (W_{18})

El tráfico esperado para el periodo de diseño calculado en la sección 2.1.3, corresponde a:

$$W_{18} = 1.90 E+06$$

b. Confiabilidad (R)

La confiabilidad de un proceso de diseño-comportamiento de un pavimento, es la probabilidad de que una sección del pavimento, diseñada usando el proceso, se comportará satisfactoriamente bajo las condiciones de tráfico y medio ambiente durante el periodo de diseño.

El tramo en estudio se encuentra en una zona rural, además forma parte de la Carretera Cañete - Yauyos - Huancayo, que viene a ser una carretera interestatal o une dos departamentos Lima y Junín, por lo cual se adoptó como nivel de confiabilidad el valor de $R = 95\%$, de acuerdo a la recomendación de la guía de diseño AASHTO cuadro N° 2.07.

Cuadro N° 2.10

Niveles Recomendados de Confiabilidad (%R)

CLASIFICACIÓN GENERAL	NIVEL DE CONFIABILIDAD RECOMENDADO	
	URBANO	RURAL
Autopista y Carreteras Interestatales	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias Principales	80 - 90	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: Guía para diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO-1,993

Para la confiabilidad considerada se obtiene la Desviación Standard Normal de acuerdo al cuadro N° 2.08 ($Z_r = -1.645$).

Cuadro Nº 2.11

Desviación estándar normal (Zr) correspondientes a niveles de confiabilidad (R)

CONFIABILIDAD R (%)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: Guía para diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO-1,993

c. Desviación Estándar Total (So)

La guía AASHTO recomienda para el conjunto total de las desviaciones estándar (So) utilizar los valores comprendidos dentro de los intervalos siguientes:

Pavimentos flexibles	:	0.40 - 0.50
En construcción nueva	:	0.35 - 0.40
En sobre-capas	:	0.50

Se consideró un valor de **So = 0.42**, para el diseño del pavimento.

d. Serviciabilidad

La serviciabilidad de un pavimento está definida como su habilidad para servir al tipo de tráfico (automóviles y camiones) que usa la vía. La medida primaria de la serviciabilidad es el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI, Present Serviciability Index), que varía entre cero (0), camino imposible, y cinco (5), camino perfecto. Es un valor de apreciación con el cual se evalúan las condiciones de deterioro o confort de la superficie de rodadura de un pavimento, con esta medición se podrá controlar las gestiones de rehabilitación de carreteras.

El cambio de la pérdida de serviciabilidad toma en cuenta la ecuación del número estructural con el componente.

La guía AASHTO recomienda un índice de servicialidad inicial $P_o = 4.2$, para pavimentos flexibles y un índice de serviciabilidad final de $P_f = 2.2$. Con lo cual para el diseño del pavimento en el presente informe se tiene una pérdida de serviciabilidad $\Delta PSI = 2.0$, para un periodo de 10 años.

Los pavimentos generalmente requieren mantenimiento cuando el valor de PSI baja de 2.0 a 2.5. A este nivel, hay un gran incremento del número de conductores y pasajeros que consideran la vía como inaceptable según el siguiente cuadro:

Cuadro N° 2.12

Aceptación de una vía en función al PSI

INDICE DE SERVICIABILIDAD	% DE VIA CONSIDERADA COMO INACEPTABLE
3.0	12%
2.5	55%
2.0	85%

Fuente: Guía para diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO-1,993

Siendo la rugosidad una de las variables más importantes para determinar la serviciabilidad, se ha realizado estimaciones para determinar su relación. Según D. Dujisin y A. Arroyo (1995) determinaron la siguiente correlación entre el IRI y el PSI para pavimentos asfálticos:

$$PSI = 5.85 - 1.68 \{IRI\}^{0.5}$$

.....Fórmula 1.05

En base a dicha expresión se elaboró el cuadro N° 2.13 con las siguientes suposiciones:

- ✓ en los 3 primeros años la vía se mantiene en óptimas condiciones ($PSI_1=4.2$ y $PSI_3=4.0$).
- ✓ Los 5 años siguientes en condiciones buenas ($PSI_4=3.9$ y $PSI_8=3.1$)
- ✓ Y en los 2 últimos años del periodo de diseño se encuentra en condiciones regulares ($PSI_{10} = 2.2$)

Dicha suposición se realizo por no contarse con datos históricos y estadísticos de la evolución de los valores de PSI e IRI para las vías del país y en función a la clasificación de serviciabilidad según AASHO.

Cuadro N° 2.13

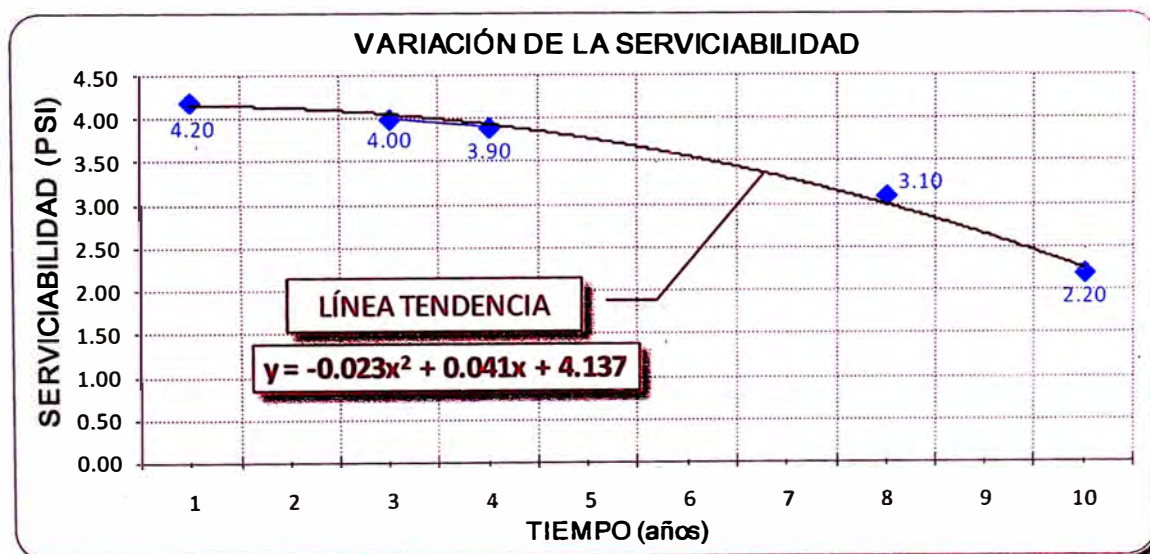
Clasificación de serviciabilidad (PSI) según AASHO

CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
5.0 - 4.0	Muy Bueno	Solo pavimentos nuevos son lo suficientemente suaves y sin deterioro para clasificar en esta categoría.
4.0 - 3.0	Buena	Estos pavimentos entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco deterioro superficial.
3.0 - 2.0	Regular	Puede presentar problemas a altas velocidades. Los defectos pueden ser: agrietamientos, parches, etc.
2.0 - 1.0	Mala	El deterioro afecta la velocidad de transito de flujo libre. Presenta grandes agrietamientos y grietas profundas, etc.
1.0 - 0.0	Muy Malo	Los pavimentos se encuentran en extremo deterioro. Transitables solo a bajas velocidades.

Fuente: AASHO

En base al criterio indicado se realizo el grafico de la figura N° 2.04, relacionando los valores del periodo de diseño (Tiempo (años)) y los valores asumidos de PSI (valores PSI de la columna izquierda del cuadro N° 2.13). Luego se trazo una línea de tendencia, obteniéndose su ecuación característica con lo cual se calcularon los valores de índices de serviciabilidad PSI restantes para el periodo de diseño (valores PSI de la columna derecha del cuadro N° 2.13)

Figura N° 2.04
Variación del PSI en el tiempo



Fuente: Propia

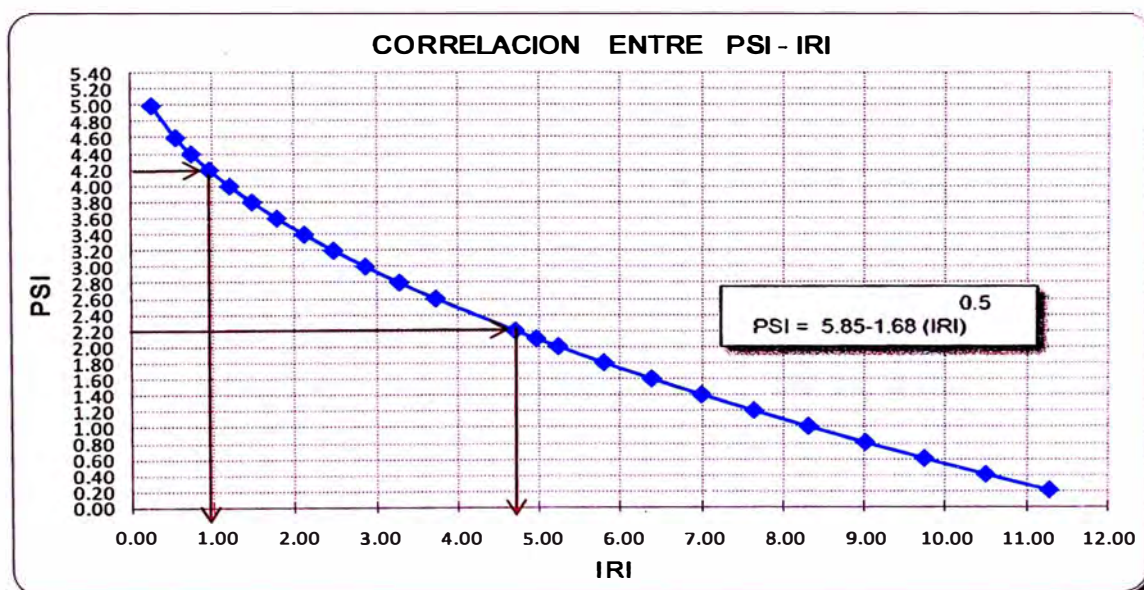
Cuadro N° 2.14
Variación del PSI en el tiempo

t (años)	W ₁₈	PSI		IRI	CONDICIÓN
1	1.39E+05	4.20		0.95	MUY BUENO
2	2.88E+05		4.13	1.04	
3	4.46E+05	4.00		1.20	
4	6.15E+05	3.90		1.33	BUENO
5	7.96E+05		3.77	1.52	
6	9.88E+05		3.56	1.85	
7	1.19E+06		3.30	2.29	
8	1.41E+06	3.10		2.66	REGULAR
9	1.65E+06		2.64	3.62	
10	1.90E+06	2.20		4.69	

Fuente: Propia

Los valores IRI fueron calculados en función a la expresión de la fórmula N° 1.05, solo para los valores PSI del periodo de diseño, sin embargo se presentan en un mayor rango en la figura N° 2.05.

Figura N° 2.05
Relación PSI - IRI



Fuente: Propia

e. Módulo Resiliente

Se define el módulo resiliente, o resiliencia elástica de un material, a la energía absorbida por este durante la deformación elástica, la cual puede recuperarse al descargar el material. Este valor es la energía por unidad de volumen requerida para llevar el material desde un esfuerzo nulo hasta el valor de esfuerzo de fluencia o límite elástico.

El Módulo Resiliente (Mr) se determina mediante la ejecución de ensayos triaxiales dinámicos en muestras sometidas a cargas repetidas, lo cual se interrelaciona con la recomendación de la guía en lo referido a la determinación del parámetro indicado.

La representación del suelo de fundación en el diseño de estructuras es por medio del Módulo Resiliente (Mr) y por este factor se puede definir el tipo de pavimento que se colocará en la vía proyectada. Es importante precisar que la obtención del módulo resiliente (modulo dinámico) es compleja porque no se tiene un número constante puesto que pueda variar según las condiciones climáticas o drenaje y esto hace variar los resultados de los diseños calculados. En el Perú, se tiene poca experiencia en la determinación experimental directa de este ensayo.

La guía AASHTO 2002 reconoce que muchas agencias no poseen los equipos para determinar el Mr y propone el uso de la conocida correlación con el CBR.

$$\boxed{Mr = 2555 * CBR^{0.64}} \dots\dots\dots \text{Fórmula 1.06}$$

De acuerdo a lo indicado en la sección 2.2.1 se determino el valor de CBR para la subrasante el siguiente valor: $CBR_{\text{subrasante}} = 6.28 \%$. Con lo cual reemplazando el dato de CBR en la fórmula 1.06 se obtuvo el Modulo Resiliente para la subrasante:

$$Mr = 8,281.04 \text{ psi}$$

f. Índices Estructurales

✓ **Coefficientes de Aporte Estructural**

Para determinar los índices estructurales que constituyen el pavimento se emplean nomogramas los cuales relacionan valores de CBR, módulo de elasticidad dependiendo el caso y el valor a determinar.

Se ha considerado para los factores ai, los siguientes coeficientes de aporte estructural, en base a sus propiedades físicas, como se indica a continuación:

Cuadro N° 2.15
Índices Estructurales

TIPO DE CAPA DEL PAVIMENTO	PROPIEDAD FISICA	COEFICIENTE
Concreto asfáltico Convencional	Estabilidad 2000 lb	0.42
Base Granular (nueva)	(CBR 100%)	0.14
Sub Base Granular (nueva)	(CBR 40%)	0.12

Fuente: Propia

Los coeficientes de aporte estructural para se han obtenido de las cartas proporcionadas por la Guía AASHTO.

✓ **Coefficiente de Drenaje**

En lo que respecta a los factores m_i , que toman en cuenta las condiciones de drenaje, se siguen las recomendaciones del método del diseño (Guía AASHTO) que se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 2.16
Coeficientes de drenaje

CARACTERISTICAS DE DRENAJE	AGUA ELIMINADA EN	Porcentaje de tiempo en el año ,que la estructura del Pavimento está expuesta a nivel de humedad próxima a la saturación			
		< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	2 horas	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.2
Bueno	1 día	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1
Regular	1 semana	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.8
Pobre	1 mes	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.6
Muy Pobre	No drena	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.4

Fuente: Guía para diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO-1,993

De acuerdo a las condiciones particulares del presente caso, los suelos granulares aseguran un drenaje relativamente bueno y con lluvias moderadas, un bombeo de 2% mínimo y pendiente moderada, se adopto los coeficientes:

$$m_2 : 1.1$$

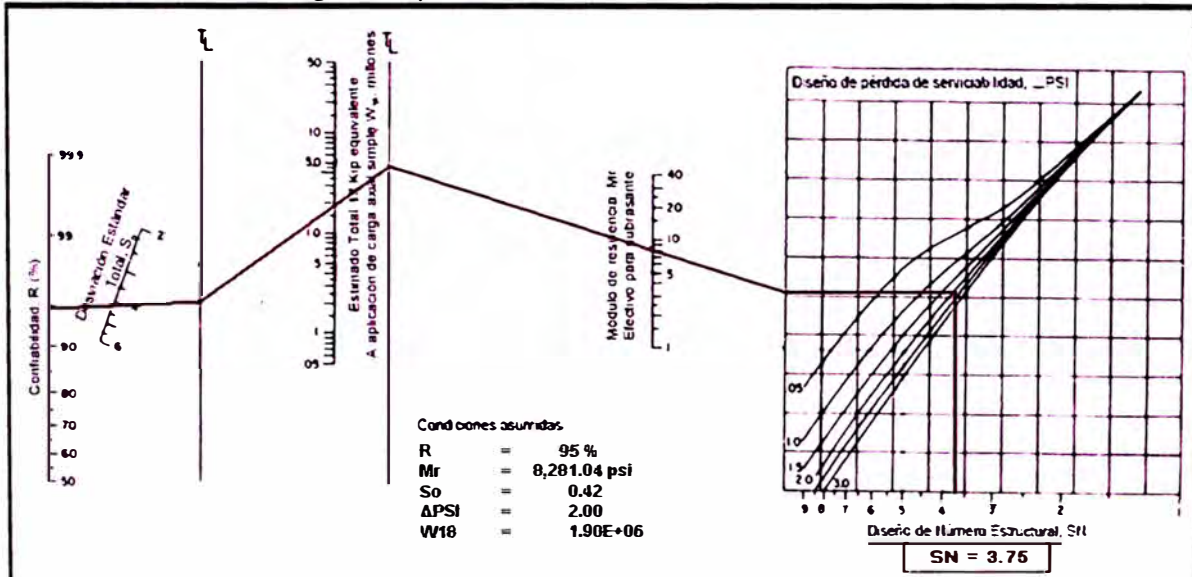
$$m_3 : 1.1$$

g. Numero Estructural

Para determinar el Número Estructural se ingresan los valores determinados en el nomograma indicado por la guía AASHTO.

Figura N° 2.06

Nomograma para determinar el Número Estructural



Fuente: Guía para diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO-1,993

Se indica el cuadro resumen de los datos obtenidos anteriormente:

Cuadro N° 2.17

Cuadro Resumen Datos Obtenidos

DATOS	
Mr	8,281.04 psi
Zr (95%)	-1.645
So	0.42
PSI _o	4.20
PSI _f	2.20
ΔPSI	2.00
W18	1.90E+06

Fuente: Propia

Con dichos valores indicados en el cuadro N° 2.13 y graficados en el Nomograma de la Figura N° 2.06, se obtiene como valor de Número Estructural **SN = 3.75**, del mismo modo también existe un software mediante el cual se puede determinar el Numero Estructural.

Figura N° 2.07

Software para determinar el Número Estructural

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

Desarrollado por: Luis Ricardo Vázquez Varela, Ingeniero Civil, Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento <input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido		Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 95 % Zr=-1.645 So <input type="text" value="0.42"/>	
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial <input type="text" value="4.2"/> PSI final <input type="text" value="2.2"/>		Módulo resistente de la subrasante Mr <input type="text" value="8281.04"/> psi	
Información adicional para pavimentos rígidos			
Módulo de elasticidad del concreto - Ec (ksi)	<input type="text"/>	Coefficiente de transmisión de carga - (J)	<input type="text"/>
Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de drenaje - (Cd)	<input type="text"/>
Tipo de Análisis <input checked="" type="radio"/> Calcular SN W18 = <input type="text" value="98312.2753242"/>		Número Estructural SN = <input type="text" value="3.75"/>	
Observaciones <input type="text"/>			
<input type="button" value="Calcular"/>		<input type="button" value="Salir"/>	

Fuente: Curso de Titulación 2009 - FIC - UNI, Ing. José Melchor

- m2 = m3 : 1.10
- a1 : 0.420
- a2 : 0.140
- a3 : 0.120

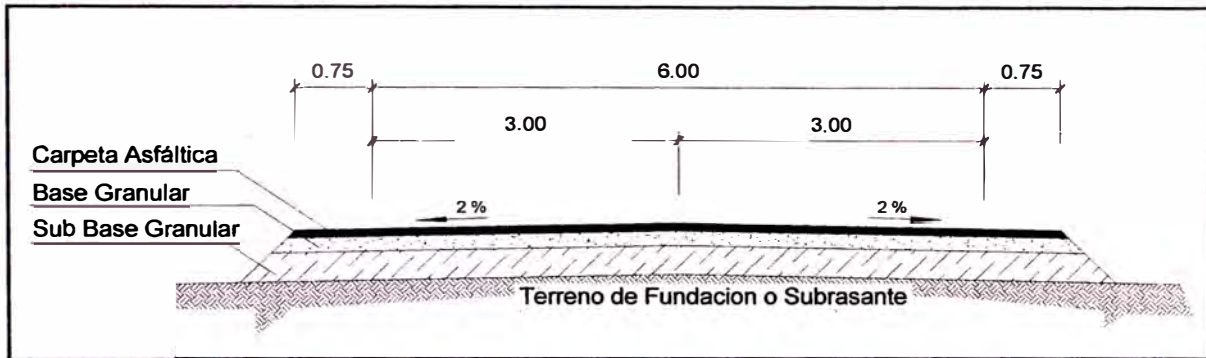
Con el valor obtenido del número estructural SN = 3.75, los coeficientes de drenaje, índices estructurales y la expresión de la fórmula 1.04, y por métodos de aproximaciones se determinó los espesores adecuados y requeridos para el pavimento a diseñar.

Cuadro N° 2.18
Espesores Finales metodología AASHTO

TIPO DE CAPA	ESPESOR	
Carpeta Asfáltica	3.00 pulg	7.62 cm
Base Granular	6.00 pulg	15.24 cm
Sub Base	12.00 pulg	30.48 cm

Fuente: Propia

Figura N° 2.08
Sección Típica del Pavimento



Fuente: Propia

2.3.1.2 Método del Instituto del Asfalto

En este procedimiento de diseño, la estructura de un pavimento es considerada como un sistema elástico de capas múltiples. El material en cada una de las capas se caracteriza por su módulo de elasticidad.

Este procedimiento es usado para el diseño de pavimentos de asfalto compuesto de combinaciones de capa asfáltica, base y subbase sin ningún tratamiento; la subrasante es la capa subyacente más baja y es asumida infinita en el sentido vertical de arriba hacia abajo y en dirección horizontal; las otras capas de un espesor finito, se asumen infinitas hasta cierto punto en el sentido horizontal. Una continuidad ó fricción total, es asumida en la unión entre cada una de las capas para efectos del diseño.

Para determinar el espesor del pavimento requerido, utilizando el Método del Instituto del Asfalto para pavimentos flexibles se requiere los siguientes parámetros:

- ✓ Tráfico (EAL)
- ✓ Suelos – Modulo resiliente (Mr)
- ✓ Condiciones Ambientales de Temperatura

➤ Parámetros de Diseño:

i. Trafico

Se consideran de primordial importancia al número y cargas por eje esperadas en un periodo de tiempo determinado. Las cargas por eje varían típicamente de ligeras a pesadas.

El propósito del estudio de transito es representar el efecto de cualquier eje cargado con cualquier masa, sobre el comportamiento del pavimento, por medio

del número de aplicaciones de carga por eje simple equivalente a 18,000.00 lib (80 kN).

Cuadro Nº 2.19

Porcentaje de Camiones según Número de Carriles

Número de carriles en ambas direcciones	Porcentaje de camiones en el carril de diseño
2	50
4	45
6 ó más	40

Fuente: Guía para diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO-1,993

El tráfico esperado para el periodo de diseño calculado en la sección 2.1.3, corresponde a: $EAL = 3.80 E+06 \times FC$; $FC = 0.5$

$$EAL = 1.90 E+06$$

ii. Suelos

En el diseño de espesores de una estructura de pavimento flexible, el método del Instituto de Asfalto, considera como parámetro fundamental la evaluación de los materiales para obtener el Módulo Resiliente (Mr).

Como no es fácil tener el equipo adecuado para llevar a cabo este tipo de pruebas, se han establecido factores de correlación entre el Módulo de Resiliente (Mr) y la prueba del CBR (AASHTO T-193); los valores obtenidos son bastante aproximados, sin embargo, para obtener resultados más precisos es necesario llevar a cabo la prueba del Módulo Resiliente (Mr) de la Subrasante.

Para calcular el módulo resiliente a partir del valor de CBR se ha desarrollado la siguiente fórmula empírica:

$$\boxed{Mr \text{ (Mpa) } = 10.3 \times CBR} \dots\dots\dots \text{Fórmula 1.07}$$

De acuerdo a lo indicado en la sección 2.2.1 se determino el valor de CBR para la subrasante $CBR_{\text{subrasante}} = 6.28 \%$. Con lo cual reemplazando este valor en la fórmula 1.07 se obtuvo en Modulo resiliente para la subrasante.

$$Mr = 64.68 \text{ Mpa}$$

Es muy importante hacer notar que tales correlaciones solo son aplicables a materiales de la capa de subrasante, ya que no se usan para materiales granulares que se consideren emplear en las capas de base y subbase.

iii. Condiciones Ambientales de Temperatura

De acuerdo a los registros proporcionados por la agencia competente, se debe evaluar la temperatura media anual del aire (TMAA) para caracterizar las condiciones ambientales de la región. Tomando como referencia la incidencia de las características climáticas de la región, precipitación pluvial anual de la zona, registro de temperaturas a distintas profundidades del pavimento y su correlación en tres años consecutivos, se debe establecer si el pavimento sufrirá efectos de congelamiento o hinchazón.

Cuadro N° 2.20

Porcentaje de Camiones según Número de Carriles

Clima	Temperatura media anual del aire (TMAA)
Frío	Menor o igual a 7° C
Templado	Entre 7° y 24° C
Cálido	Mayor de 24° C

Fuente: Instituto del Asfalto (MS-1) 1,991

Para el diseño del pavimento en estudio se considero como referencia de temperatura media anual del aire 15.5 °C, en un clima templado.

➤ Diseño de los Espesores del Pavimento

Con las consideraciones anteriores mencionadas se utilizó la carta de diseño A15 para calcular los espesores del pavimento de la carpeta asfáltica y la base granular respectivamente.

Trafico de Diseño	:	EAL	=	1.90 E+06
Modulo Resiliente	:	Mr	=	64.68 Mpa
Clima	:	TMAA	=	15.5 °C

Por lo tanto para una base de 300 mm, carta de diseño A15 (Anexo 5.2) se determinó los espesores indicados:

Cuadro N° 2.21

Espesores Finales metodología Instituto del Asfalto

TIPO DE CAPA	ESPESOR	
Carpeta Asfáltica	20.00 cm	8 pulg
Base Granular	30.00 cm	12 pulg

Fuente: Propia

OBSERVACIONES:

- ✓ Luego de haber determinado los espesores del pavimento por dos diferentes métodos se observó que por el método del Instituto del Asfalto se determinó un mayor espesor de la carpeta asfáltica a diferencia de la metodología AASHTO.

- ✓ Analizando los espesores del Instituto del Asfalto en la Formula 1.04 (Número Estructural, SN), considerando los mismos índices de estructurales se determinó el siguiente valor:
$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times m_2 \times D_2$$
$$SN = 0.42 \times (8) + 0.14 \times 1.10 \times (12)$$
$$SN = 5.21$$

- ✓ Se indicó anteriormente en el diseño realizado con la metodología AASHTO, donde los índices estructurales de la expresión indicada (a_1 , a_2 y m_2) solo dependen de los valores del Módulo Resiliente que está vinculado con el ensayo de CBR de la subrasante y drenaje de la estructura del pavimento, por lo cual no se hicieron variar estos coeficientes en este análisis.

- ✓ Como se puede apreciar los espesores del Instituto del Asfalto nos conlleva a un mayor número estructural, lo que representaría por una parte mayores costos de inversión para la construcción del pavimento del tramo en estudio, sin embargo también representaría una mayor confiabilidad de durabilidad.

Si bien ya se analizó el diseño del pavimento para el caso mencionado a inicios de este capítulo (ítem 2.1.1) mediante dos métodos para el caso de un supuesto valor de IMD = 453 veh/día, es necesario tener conocimiento cual hubiera sido las características de la estructura del pavimento si se hubiera partido como dato base con el valor original del IMD = 43 veh/día.

Por lo tanto se realizará el análisis con los dos manuales de Diseño de Carreteras No Pavimentadas y Pavimentadas para Bajos Volúmenes de Tránsito, por indicarse en estos manuales que se puede emplear o seguir las recomendaciones de su metodología cuando las carreteras en estudio tienen valores menores de IMD = 350 veh/día.

2.3.1.3 Método del Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito (M.D.C.N.P.B.V.T.)

I. Tráfico

Para iniciar el análisis del pavimento siguiendo esta metodología se tiene que tener presente los valores de IMD a considerar.

Cuadro N° 2.22

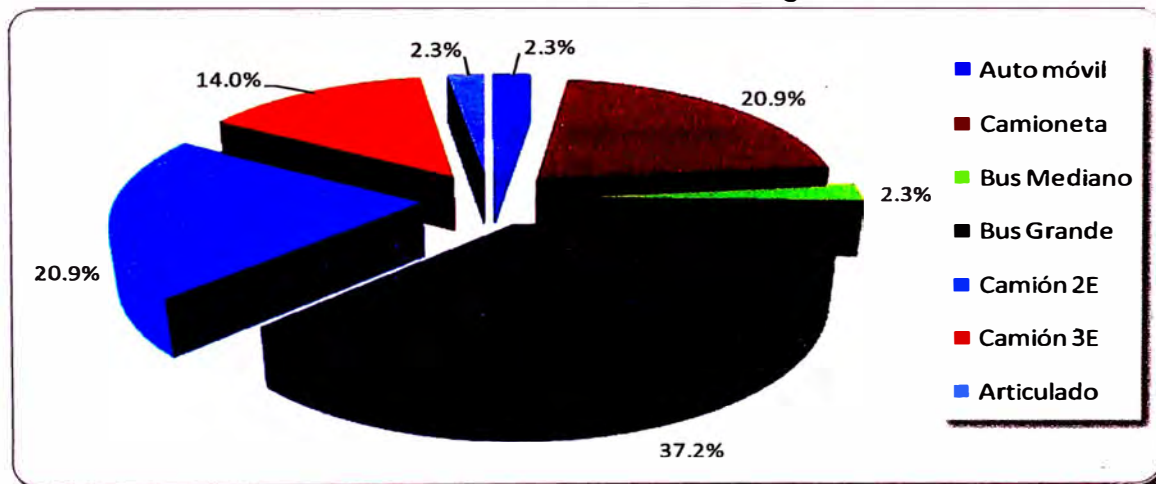
Valores de IMD caso original

TIPO DE VEHÍCULO	IMD (veh/día)	DISTRIBUCIÓN (%)
Auto móvil	1	2.3%
Camioneta	9	20.9%
Bus Mediano	1	2.3%
Bus Grande	16	37.2%
Camión 2E	9	20.9%
Camión 3E	6	14.0%
Articulado	1	2.3%
TOTAL	43	100%

Fuente: Propia

Figura N° 2.09

Distribución Vehicular caso original



Fuente: Propia

Considerando un periodo de diseño de 10 años ($n = 10$ años) y una tasa de crecimiento de 6.74% ($r = 6.74\%$) como se indico anteriormente a inicios de este capítulo se tiene el siguiente tráfico proyectado de acuerdo a la expresión:

$$T_n = T_o (1+i)^{n-1}$$

.....Fórmula 1.08

Cuadro N° 2.23
Tráfico Proyectado caso original

AÑO	TIPO DE VEHICULO							TOTAL (veh/año)
	Auto móvil	Camioneta	Bus Mediano	Bus Grande	Camión 2E	Camión 3E	Articulado	
2009	1	9	1	16	9	6	1	43
2010	1	10	1	17	10	6	1	46
2011	1	10	1	18	10	7	1	49
2012	1	11	1	19	11	7	1	52
2013	1	12	1	21	12	8	1	56
2014	1	12	1	22	12	8	1	60
2015	1	13	1	24	13	9	1	64
2016	2	14	2	25	14	9	2	68
2017	2	15	2	27	15	10	2	72
2018	2	16	2	29	16	11	2	77

Fuente: Propia

Del cuadro indicado se determinó el valor de IMDA = 77 vehículos proyectado al año horizonte (n = 10 años)

“Desde el punto de vista del diseño de la capa de rodadura sólo tienen interés los vehículos pesados (buses y camiones), considerando como tales aquellos cuyo peso bruto excede de 2.5 ton. El resto de los vehículos que puedan circular con un peso inferior (motocicletas, automóviles y camionetas) provocan un efecto mínimo sobre la capa de rodadura, por lo que no se tienen en cuenta en su cálculo. No obstante, será necesario obtener el número de repeticiones de Ejes Equivalentes (EE) para el período de diseño”.

Teniendo en cuenta este comentario extraído del Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, para determinar los vehículos de diseño solo se consideraron los vehículos pesados para el período de diseño, es decir los vehículos no considerados fueron los automóviles, camionetas y buses medianos.

El concepto de Ejes Equivalentes (EE) corresponde a la unidad normalizada por la AASHTO que representa el deterioro que causa en la capa de rodadura un eje simple cargado con 8.2 ton. Para su cálculo se procedió de igual modo que en el ítem 2.1.3.

Cuadro N° 2.24

Ejes equivalentes caso IMD=43 veh/año (t=10 años)

TIPO DE VEHÍCULO	r (%)	IMD	Factor de Carga	t (años)	$\frac{[(1+r)^n]-1}{r}$	EAL ANUAL	Factor Direccional	Factor Carril	W_{18}
Auto móvil	6.74%	1		10		0.00E+00			
Camioneta	6.74%	9		10		0.00E+00			
Bus Mediano	6.74%	1		10		0.00E+00			
Bus Grande	6.74%	16	1.5100	10	13.65	1.20E+05	0.50	1.00	6.02E+04
Camión 2E	6.74%	9	2.7300	10	13.65	1.22E+05	0.50	1.00	6.12E+04
Camión 3E	6.74%	6	3.0200	10	13.65	9.03E+04	0.50	1.00	4.51E+04
Articulado	6.74%	1	5.1850	10	13.65	2.58E+04	0.50	1.00	1.29E+04
TOTAL		43				3.59E+05			1.79E+05

Fuente: Propia

Por lo tanto: $W_{18} = 1.79 E+05$; $EAL = 3.59 E+05$

El Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito clasifica las carreteras por sus capas superiores y superficie de rodadura de la siguiente manera:

- a. Carreteras de tierra constituidas por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo.
- b. Carreteras gravosas constituidas por una capa de revestimiento con material natural pétreo sin procesar, seleccionado manualmente o por zarandeo, de tamaño máximo de 75 mm.
- c. Carreteras afirmadas constituidas por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificadas naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo 25 mm.
 - c.1. Afirmados con gravas naturales o zarandeadas.
 - c.2 Afirmados con gravas homogenizadas mediante chancado.
- d. Carreteras con superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales:
 - d.1. Afirmados con grava con superficie estabilizada con materiales como: asfalto (imprimación reforzada), cemento, cal, aditivos químicos y otros.
 - d.2. Suelos naturales estabilizados con: material granular y finos ligantes, asfalto (imprimación reforzada), cemento, cal, aditivos químicos y otros.

Para el presente diseño se considera el caso "d" sub ítem d.1.: Afirmado con grava con superficie estabilizada con materiales como: asfalto (imprimación reforzada)

II. Suelos

Como se indicó en el ítem 2.2.1 el suelo de la sub rasante se clasificó según la metodología AASHTO como un suelo tipo A-2-4 (0), con un IP = 4.11.

Para la determinación del valor del ensayo CBR del terreno de fundación se tuvo presente los cuadros N° 2.05 y 2.06 del ítem 2.2.1, y siguiendo la metodología recomendada por el Instituto Norteamericano del Asfalto (USA).

Para el tramo en estudio y en función a los cálculos realizados en el cuadro N° 2.19, se determinó un valor de **EAL = 3.59 E+05**, por ende el valor de percentil de diseño es 75.00%, con lo cual se determinó:

➤ **CBR_{sub rasante} = 6.35 % para 95% MDS**

III. Capa de Afirmado

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado se adoptó como representativa la siguiente ecuación del método NAASRA, (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTRROADS) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de Ejes Equivales (EE):

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2] \times \log_{10} \times (N_{\text{rep}}/120)$$

Fórmula 1.09

Donde:

e : Espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR : Valor del CBR de la subrasante.

Nrep : Numero de repeticiones de EE para el carril de diseño (W_{18}).

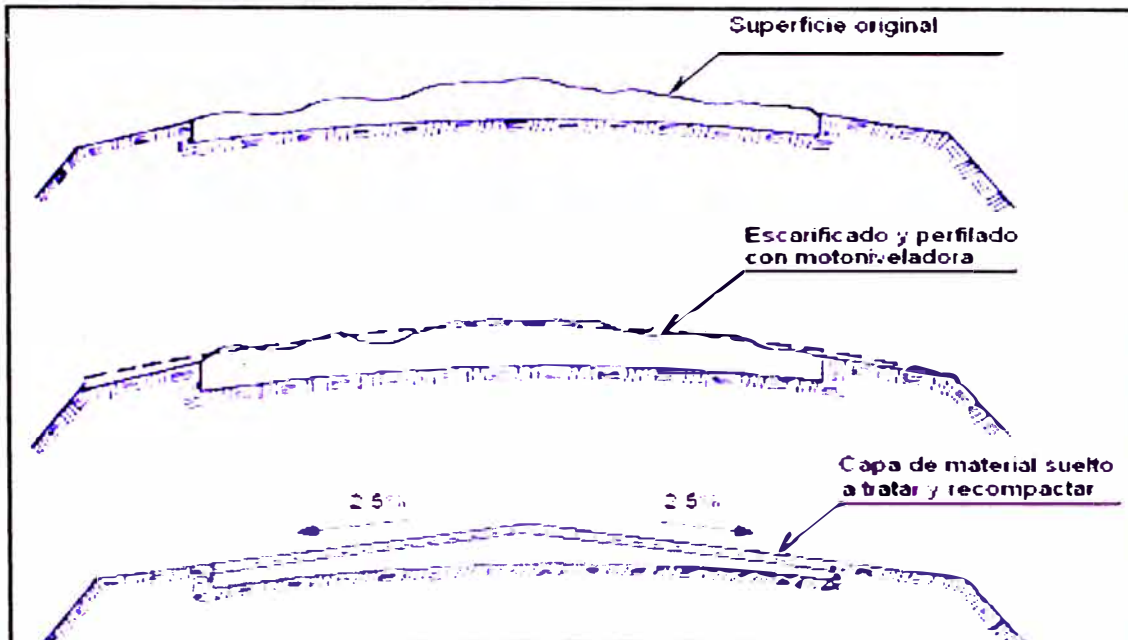
Con lo cual: CBR = 6.35% ; Nrep = $W_{18} = 1.79 \text{ E}+05$

➤ Reemplazando los valores en la Fórmula 1.09 se determinó el valor del espesor de la capa de afirmado: **e = 276 mm.**

La imprimación reforzada bituminosa se aplicará como superficie de rodadura, sobre la capa de afirmado.

La imprimación reforzada es una alternativa apta, eficiente y económica para carreteras de bajo volumen de tránsito y para su mantenimiento se ejecutarán sellos cada 2 ó 3 años.

Figura N° 2.10
Preparación de la plataforma para la imprimación reforzada



Fuente: Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Independientemente a los efectos de las condiciones ambientales de cada región, la respuesta y duración de la imprimación reforzada estarán sujetas a los siguientes factores:

- ✓ Dureza, gradación y aporte friccional del material a tratar.
- ✓ Afinidad del agregado con el líquido asfáltico.
- ✓ Espesor de la capa imprimada en relación con su estructura friccional.
- ✓ Calidad del drenaje existente.
- ✓ Calidad de la ejecución, de manera que se respeten las dosificaciones, materiales, tiempos y utilización de equipos de acuerdo a las condiciones preestablecidas.

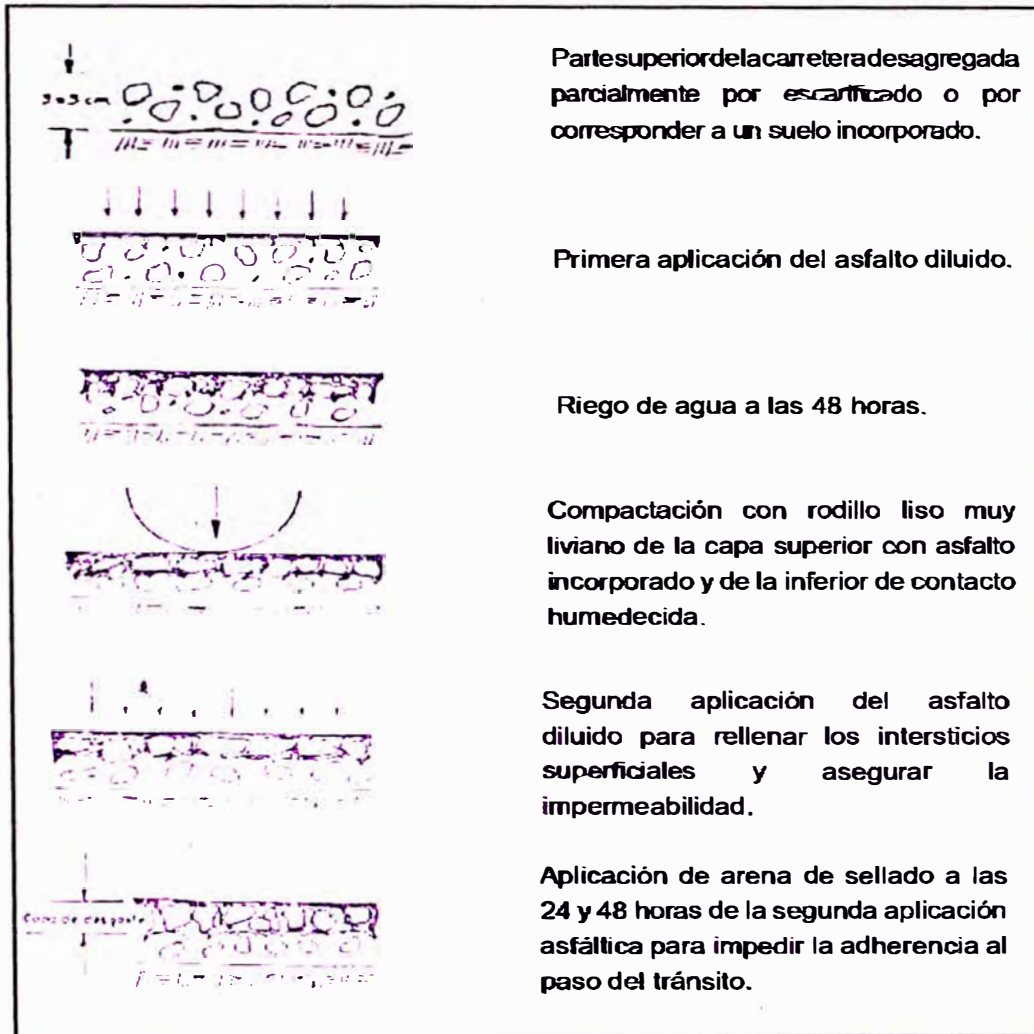
Cuadro N° 2.25

Espesores Finales Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas B.V.T.

TIPO DE CAPA	ESPESOR	
Capa Afirmado	27.60 cm	11 pulg

Fuente: Propia

Figura N° 2.11
Etapas de ejecución de la imprimación reforzada



Fuente: Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

2.3.1.4 Método del Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (M.D.C.P.B.V.T.)

Por sus capas superiores y superficie de rodadura las carreteras pueden ser clasificadas como sigue:

a. Pavimentos flexibles:

a.1. Con capas granulares (sub base y base drenantes) y una superficie bituminosa de espesor variable menor a 25 mm, como son los tratamientos superficiales bicapa y tricapa.

a.2. Con capas granulares (sub base y base drenantes) y una capa bituminosa de espesor variable mayor a 25 mm, como son las carpetas asfálticas en frío y en caliente.

- b. Pavimentos semi rígidos: conformados con solo capas asfálticas (full depth) o por adoquines de concreto sobre una capa granular, cuando la necesidad lo justifique el uso de estos pavimentos el proyectista deberán recurrir a los manuales de diseño correspondiente.
- c. Pavimentos rígidos: conformado por losa de concreto hidráulico o cemento Pórtland sobre una capa granular; cuando la necesidad lo justifique el uso de estos pavimentos el proyectista deberán recurrir a los manuales AASHTO o similares.

El manual considera principalmente soluciones estructurales con materiales tradicionales cuyas propiedades mecánicas y comportamiento son conocidos y están considerados en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras EG-2000; también forman parte las estabilizaciones y mejoramientos de suelos de la subrasante. Para la estabilización química de los suelos se utilizará la norma MTC E 1109-2004 norma técnica de estabilizadores químicos.

Para el análisis del diseño del pavimento siguiendo esta metodología se considero realizar el análisis según el ítem a. sub ítem a.2. Pavimento Flexible con superficie de rodadura carpeta asfáltica en caliente.

I. Tráfico

Para el estudio de tráfico se consideró los valores obtenidos en el cálculo anterior, en el ítem 2.3.1.3 sub ítem I.

El manual sugiere utilizar valores representativos promedio de la Carretera Panamericana Norte cuando no se tengan datos censales para el caso de Ejes Equivalentes, sin embargo no se consideran estos valores debido a que los resultados finales son idénticos, por lo cual se tienen los siguientes valores de los cálculos indicados anteriormente.

$$W_{18} = 1.79 E+05 \quad ; \quad EAL = 3.59 E+05$$

II. Suelos

Se consideró el valor obtenido para el ensayo de CBR el realizado en el análisis anterior en el ítem 2.3.1.3 sub ítem II.

➤ **CBR_{sub rasante} = 6.35 % para 95% MDS**

III. Diseño del Pavimento

Para la estructuración del pavimento este manual se fundamenta en la metodología empleada por AASHTO 1993, con algunas restricciones para el grado de confiabilidad de las carreteras por tratarse de bajo volumen de tránsito. Además sugiere seguir las recomendaciones de la guía AASHTO del capítulo 4 LOW - VOLUME ROAD DESIGN.

En el ítem 2.3.1.1, se realizó el diseño de un tipo de pavimento empleando la metodología AASHTO, por lo cual se realizó el análisis en este ítem de manera más resumida con las mismas expresiones de cálculo utilizadas en el ítem mencionado, con las restricciones en la confiabilidad que señala el Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

➤ Parámetros de Diseño

Para iniciar con el proceso de diseño se requieren los parámetros de la expresión de la fórmula 1.03 mencionada anteriormente, los cuales son:

$$W_{18} = 1.79 \text{ E}+05$$

R = 75%, el manual solo considera valores de confiabilidad entre 50%-80% dependió del valor de W_{18} y CBR obtenidos.

$$Z_r = -0.674$$

$$S_o = 0.45$$

$\Delta\text{PSI} = 2.2$, Se considera similar al cálculo anterior en el ítem 2.3.1.1.

M_r = El módulo de resiliencia se calculo en función a la expresión de la fórmula 1.06 (CBR = 6.35%).

En la expresión: $M_r = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$, se obtiene: **$M_r = 8,340 \text{ psi}$** .

✓ Índices Estructurales:

Se consideraron los mismos valores obtenidos en el ítem 2.3.1.1 indicados en el cuadro N° 2.11.

$$a_1 = 0.42$$

$$a_2 = 0.14$$

$$a_3 = 0.12$$

De igual manera para los coeficientes de drenaje se consideraron los valores:

$$m_2 = 1.1$$

$$m_3 = 1.1$$

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones y con la utilización del software del Ing. José Melchor profesor del curso de Pavimentos del Curso de Titulación Profesional - Modalidad Actualización de Conocimientos - UNI 2009 se determinó primeramente el numero estructural.

Figura N° 2.12
Determinación del Numero Estructural

Ecuación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento: Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So): 75 % $Z_r = -0.674$ So: .45

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial: 4.2 PSI final: 2.2

Módulo resiliente de la subrasante: 8240 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi): Coeficiente de transmisión de carga - (J):

Módulo de rotura del concreto - Sc (psi): Coeficiente de drenaje - (Cd):

Tipo de Análisis: Calcular SN Calcular W18

Número Estructural: SN = 2.25

Observaciones:

Botones: Calcular, Salir

Fuente: Curso de Titulación 2009 - FIC - UNI, Ing. José Melchor

Como se aprecia en la Figura N° 2.12, el número estructural del pavimento es:
SN = 2.25

Con este número estructural y con la expresión de la fórmula 1.04 (de igual modo a lo aplicado en el ítem 2.3.1.1) se determinó los espesores de las capas del pavimento, por métodos de aproximaciones e indicaciones del manual de diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times m_2 \times D_2 + a_3 \times m_3 \times D_3 \dots\dots\dots \text{Fórmula 1.04}$$

Cuadro N° 2.26

Espesores Finales metodología AASHTO – Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas B.V.T.

TIPO DE CAPA	ESPESOR	
	(pulg)	(cm)
Carpeta Asfáltica	2.50 pulg	6.35 cm
Base Granular	8.00 pulg	20.32 cm

Fuente: Propia

En el cuadro N° 2.26 se presentan los espesores finales obtenidos con la metodología de la guía AASHTO, siguiendo los parámetros del manual de diseño carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

El manual de diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito indica para carpetas asfálticas en caliente espesores como mínimo 6.00 cm y en el caso de Base y Sub Base Granular un espesor mínimo de 15.00 cm, con lo cual se obtuvo un número estructural $SN_f = 2.28$ un poco mayor al requerido indicado anteriormente. (No es necesario la capa de subbase por alcanzar el número estructural solo con el espesor de carpeta asfáltica y la base granular)

Cuadro N° 2.27

Resumen de Diseños Empleados

METODOLOGÍA DE DISEÑO	IMD _{diseño} (veh/día)	TIPO DE CAPA	ESPEORES	
			(pulg)	(cm)
AASHTO (Diseño Final Elegido)	453	Carpeta Asfáltica	3.0 pulg	7.6 cm
		Base Granular	6.0 pulg	15.2 cm
		Sub Base	12.0 pulg	30.5 cm
INSTITUTO DEL ASFALTO	453	Carpeta Asfáltica	8 pulg	20.0 cm
		Base Granular	12 pulg	30.0 cm
Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito	43	Capa Afirmando	11 pulg	27.6 cm
Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito	43	Carpeta Asfáltica	2.5 pulg	6.4 cm
		Base Granular	8.0 pulg	20.3 cm

Fuente: Propia

CAPÍTULO III: EXPEDIENTE TÉCNICO

3.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

3.1.1 Ubicación del Proyecto

La zona del proyecto, se encuentra ubicado geográficamente en el departamento de Lima, Provincia de Yauyos en el Distrito de Alis.

El tramo en estudio se inicia en la progresiva km 163+800 hasta el km 164+100 (300 m), de la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo. El tramo se desarrolla a una altitud aproximada de 3,200 m.s.n.m.

3.1.2 Descripción del Proyecto

Se proyecta desarrollar la Ampliación y Mejoramiento de la Carretera Cañete – Yauyos – Huancayo (ruta RN 022) aspirando alcanzar un adecuado nivel de transitabilidad de la vía. Por ende se ha planteado realizarlo mejorando la vía a nivel de Carpeta Asfáltica en Caliente, para el tramo en estudio designado de la carretera en mención (km 163+800 al km 164+100).

Se realizó el trazo geométrico de la vía de acuerdo al Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2001, determinando los siguientes parámetros de diseño:

Clasificación Vial	:	Tercera Clase, doble calzada
Velocidad Directriz	:	30 km/hr.
Radios Mínimos	:	45 m
Ancho superficie rodadura	:	6.0 m
Ancho de Bermas	:	0.75 m. a cada lado
Bombeo	:	2%
Pendiente máxima	:	12 %
Superficie Rodadura	:	Carpeta Asfáltica en Caliente
Sistema de drenaje	:	Cunetas triangulares revestidas
Talud de relleno	:	1.5 H : 1V
Talud de corte	:	De acuerdo al tipo de material

Con estas consideraciones se realizaron las secciones transversales a fin de determinar los volúmenes de corte y relleno, de igual modo para definir volúmenes de sub base y base granular a utilizar para el tramo en estudio (Anexo N° 4.0)

Los espesores del pavimento a considerar fueron determinados por la metodología AASHTO indicada en el capítulo anterior (Capítulo II: Diseño del Pavimento) en el ítem 2.3.1.1 cuadro N° 2.18

Carpeta Asfáltica	:	3.00 pulgadas (7.62 cm)
Base Granular	:	6.00 pulgadas (15.24 cm)
Sub Base Granular	:	12.00 pulgadas (30.48 cm)

3.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

En el presente informe se desarrollaron las especificaciones técnicas principalmente de los estudios comprendidos de Suelos y Pavimentos que están vinculados con el proceso constructivo a emplear e indicados en el Presupuesto de Obra (Cuadro N° 3.00) de la Ampliación y Mejoramiento de la Carretera Cañete – Yauyos – Huancayo del km 163+800 al km 164+100.

Cuadro N° 3.00

Partidas de Presupuesto de Obra de Suelos y Pavimentos

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
202	Excavación para Explanaciones	M3	1,592.40
203	Perfilado, Nivelación y Compactación de Subrasante	M2	2,545.12
204	Conformación de Terraplén	M3	2,892.53
300	SUB BASES Y BASES		
301	Conformación de Sub Base Granular	M3	759.69
302	Conformación de Base Granular	M3	354.72
400	PAVIMENTOS		
401	Imprimación Asfáltica	M2	2,264.30
402	Carpeta Asfáltica en Caliente	M3	180.32
403	Cemento Asfáltico	GAL	6,852.01
404	Asfalto Diluido MC - 30	Lt	2,490.73
405	Filler	KG	8,575.83
406	Aditivo Mejorador de Adherencia	KG	124.42
700	TRANSPORTES		
701	Transporte de Material a Obra D ≤ 1 Km	M3-KM	4,006.94
702	Transporte de Material a Obra D > 1 Km	M3-KM	107,478.77
703	Transporte de Mezcla Asfáltica D ≤ 1 Km	M3-KM	180.32
704	Transporte de Mezcla Asfáltica D > 1 Km	M3-KM	4,835.68
705	Eliminación de Material Excedente D ≤ 1 Km	M3-KM	1,592.86
706	Eliminación de Material Excedente D > 1 Km	M3-KM	25,545.23

Fuente: Propia

SECCIÓN: 200. MOVIMIENTO DE TIERRAS

202. EXCAVACIÓN PARA EXPLANACIONES

DESCRIPCIÓN

202.01 Generalidades

Este trabajo consiste en el conjunto de las actividades de excavar y remover los materiales provenientes de los cortes requeridos para la explanación indicados en los planos y secciones transversales del proyecto, con las modificaciones que ordene el Supervisor.

Comprende, además, la excavación y remoción de la capa vegetal y de otros materiales blandos, orgánicos y objetables, en las áreas donde se hayan de realizar las excavaciones de la explanación y terraplenes. La ampliación y mantenimiento de las explanaciones incluirá la conformación y perfilado de taludes.

202.02 Clasificación

a. Excavación sin Clasificar

Se refiere a los trabajos de excavación de cualquier material sin importar su naturaleza.

b. Excavación en Roca Suelta

Comprende la excavación de masas de rocas medianamente litificadas que, debido a su cementación y consolidación no requieren el empleo sistemático de explosivos, solo el uso de equipos mecánicos.

MATERIALES

202.03 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 los documentos del proyecto o determinados por el supervisor.

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

Los materiales de excavación que no sean utilizables deberán ser colocados, donde lo indique el proyecto o de acuerdo con las instrucciones del Supervisor, en zonas aprobadas por éste.

Las Normas y Especificaciones de Carreteras del MTC forman las bases para estas Especificaciones y disposiciones especiales que las suplementan y adaptan a los requisitos de este Proyecto.

EQUIPO

202.04 El Contratista propondrá, para consideración del Supervisor, los equipos más adecuados para las operaciones por realizar, los cuales no deben producir daños innecesarios ni a construcciones ni a cultivos; y garantizarán el avance físico de ejecución, según el programa de trabajo, que permita el desarrollo de las etapas constructivas siguientes.

REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

202.05 Excavación

Las explanaciones serán efectuadas según el trazado, el perfil longitudinal, los taludes y las secciones transversales indicadas en los planos o como lo indique el Supervisor.

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.

El Contratista tendrá que excavar y retirar de la explanación cualquier material que el Supervisor juzgue inaceptable y eliminarlo en lugares autorizados.

202.06 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 de la excavación final.

Cuando los taludes excavados tiene más de tres (3) metros, y se presentan síntomas de inestabilidad, se deben de 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 aumentando los costos de mantenimiento. En los lugares que se estime conveniente se deberán de construir muros de contención. Estas labores

deben de tratarse adecuadamente, debido a que implica un riesgo potencial grande para la integridad física de los usuarios de la carretera.

202.07 Limpieza Final

Al terminar los trabajos de excavación, el Contratista 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.

202.08 Aceptación de los Trabajos

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

- ✓ Verificar que el Contratista disponga de todos los permisos requeridos para la ejecución de los trabajos.
- ✓ Comprobar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el Contratista.
- ✓ Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos adoptados por el Contratista.
- ✓ 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 orgánica.
- ✓ Medir los volúmenes de trabajo ejecutado por el Contratista de acuerdo con la presente especificación.

El trabajo de excavación se dará por terminado y aceptado cuando el alineamiento, el perfil, la sección y la compactación de la subrasante estén de acuerdo con los planos del proyecto, estas especificaciones y las instrucciones del Supervisor.

MEDICIÓN

202.09 La unidad de medida será el metro cúbico (m³), aproximado al metro cúbico completo, de material excavado en su posición original y computada por el método de áreas medias.

No se medirán las excavaciones que el Contratista haya efectuado por error o por conveniencia fuera de las líneas de pago del proyecto o las autorizadas por el Supervisor. Si dicha sobre-excavación se efectúa en la subrasante o en una calzada existente, el Contratista deberá rellenar y compactar los respectivos espacios, a su costo y usando materiales y procedimientos aceptados por el

Supervisor. No se medirán ni se autorizarán pagos 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 del Contratista.

PAGO

202.10 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.

Los precios unitarios del Contratista definidos para cada partida del presupuesto, cubrirán el costo de todas las operaciones relacionadas con la correcta ejecución de las obras.

ÍTEM DE PAGO	UNIDAD DE PAGO
202 Excavación para Explanaciones	Metro cúbico (M3)

203. PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE

DESCRIPCIÓN

203.01 Generalidades

El trabajo comprende el conjunto de actividades de escarificación, conformación, nivelación y compactación de la subrasante en todo lo ancho de la plataforma sobre el cual ira la Sub Base granular.

El origen de la zona a perfilar, nivelar y compactar, será resultado de la reconformación de terraplenes y a los trabajos realizados en zonas de corte.

REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

203.02 Al alcanzar el nivel de subrasante en la excavación, se deberá escarificar en una profundidad de cincuenta a cien milímetros (50 mm – 100 mm), conformar de acuerdo con las pendientes transversales especificadas y compactar, según las exigencias de compactación definidas más adelante en una profundidad mínima de ciento cincuenta milímetros (150 mm).

Si los suelos encontrados a nivel de subrasante están constituidos por suelos inestables, el supervisor ordenará las modificaciones que corresponden, con el fin de asegurar la estabilidad de la subrasante

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.

203.03 Aceptación de los Trabajos

Durante la ejecución de los trabajos, el supervisor efectuará los controles indicados en la sub-sección 202.08.

La cota de cualquier punto de la subrasante conformada y terminada no deberá variar en más de treinta milímetros (30 mm) con respecto a la cota proyectada.

Todas las deficiencias que excedan las tolerancias mencionadas deberán ser corregidas por el contratista, a su costo, a plena satisfacción del supervisor.

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 seis (6) determinaciones, en sitios elegidos al azar con una frecuencia de una (1) cada 250 m² de plataforma terminada y compactada.
- ✓ Las densidades individuales del lote (D_i) deben ser, como mínimo, el noventa y cinco por ciento (95%) de la máxima densidad en el ensayo Proctor modificado de referencia (D_e).

$$D_i > 0.95 D_e$$

Una vez terminada la explanación se hará deflectometría cada 25 metros alternados en ambos sentidos, es decir, en cada uno de los carriles, mediante el empleo de la viga Benkelman el 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 por lo menos tres mediciones por punto.

Los puntos de medición estarán referenciados con el estacado del proyecto, de tal manera que exista una coincidencia con relación a las mediciones que se efectúen a nivel de carpeta. 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 forman parte la medición de las deflexiones que se menciona en el primer párrafo. Un propósito específico de la medición de deflexiones sobre la subrasante, es la determinación de problemas puntuales de baja resistencia que

puedan presentarse durante el proceso constructivo, su análisis y la oportuna aplicación de los correctivos a que hubiere lugar.

MEDICIÓN

203.04 La unidad de medida será el metro cuadrado (m²), aproximado al metro cuadrado completo, de superficie perfilada y compactada.

Los ensayos defletores serán efectuados por el Contratista. El Contratista proveerá del camión y equipo necesario para efectuar el ensayo.

PAGO

203.05 El trabajo de perfilado y compactación se pagará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con el proyecto o las instrucciones del supervisor.

Deberá cubrir, los costos de conformación, nivelación 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.

El precio cubre todos los costos de personal, equipos y materias primas necesarios para la ejecución de los ensayos de calidad.

ÍTEM DE PAGO	UNIDAD DE PAGO
203 Perfilado, Nivelación y Compactación de Subrasante	Metro cuadrado (M2)

204. CONFORMACIÓN DE TERRAPLÉN

DESCRIPCIÓN

204.01 Generalidades

Los rellenos se refieren al movimiento de tierras ejecutado para rellenar todos los espacios excavados y no ocupados por las cimentaciones y elevaciones de las subestructuras.

Rellenos con material seleccionado provenientes de excedentes de corte o canteras, en los lugares donde es necesario elevar la subrasante por la construcción de estructuras de drenaje, por atravesar áreas inundables y conformar la subrasante en las zonas de ensanche de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con las alineaciones, rasantes y dimensiones marcadas en los planos o en la forma que indique el Supervisor.

En los terraplenes se distinguirán tres partes o zonas constitutivas:

- ✓ Base, parte del terraplén que está por debajo de la superficie original del terreno, la que ha sido variada por el retiro de material inadecuado.
- ✓ Cuerpo, parte del terraplén comprendida entre la base y la corona.
- ✓ Corona (capa subrasante), formada por la parte superior del terraplén, construida en un espesor de treinta centímetros (30 cm), salvo que los planos del proyecto o las especificaciones especiales indiquen un espesor diferente.

En el caso en el cual el terreno de fundación se considere adecuado, la parte del terraplén denominado base no se tendrá en cuenta.

MATERIALES

204.02 Todo material usado en relleno deberá ser de calidad aceptable a juicio del supervisor y no contendrá materia orgánica ni elementos inestables o de fácil alteración.

El material para esta partida será aprobado por el supervisor de acuerdo a las especificaciones para el terraplén o relleno en particular, para lo cual dicho material será empleado.

204.03 Extracción de material de cantera para relleno

Los materiales que se empleen en la construcción de terraplenes deberán cumplir los requisitos indicados en el Cuadro N° 3.01

Cuadro N° 3.01

Requisitos de los Materiales - Terraplén

Condición	Partes del Terraplén		
	Base	Cuerpo	Corona
Tamaño máximo	150 mm	100 mm	75 mm
% Máximo de Piedra	30%	30%	-,-
Índice de Plasticidad	< 11%	< 11%	< 10%

Fuente: EG – 2000

Además deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

- ✓ Desgaste de los Ángeles: 60% máx. (MTC E 207)
- ✓ Tipo de Material: A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6 y A-3

En el cuadro N° 3.02 se especifican las normas y frecuencias de los ensayos a ejecutar para cada una de las condiciones establecidas en el Cuadro N° 3.01.

Cuadro N° 3.02
Ensayos y Frecuencias – Materiales para Terraplén

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de Ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
Terraplén	Granulometría	MTC E 204	D 422	T 27	1 cada 1000 m ³	Cantera
	Límites de Consistencia	MTC E 111	D 4318	T 89	1 cada 1000 m ³	Cantera
	Contenido de Mat. Orgánica	MTC E 118	-	-	1 cada 3000 m ³	Cantera
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	1 cada 3000 m ³	Cantera
	Densidad - Humedad	MTC E 115	D 1557	T 180	1 cada 1000 m ³	Pista
	Compactación	Base y Cuerpo	MTC E 117	D 1556	T 191	1 cada 500 m ²
MTC E 124			D 2922	T 238		
Corona					1 cada 250 m ²	

(1) O antes, si por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico - mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad y/o característica.

Fuente: EG - 2000

EQUIPO

204.04 El equipo empleado para la construcción de terraplenes deberá ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados y requiere aprobación previa del Supervisor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de la presente especificación.

El Contratista mediante un tractor sobre orugas u otra máquina que sea aceptada por la Supervisión procederá a la extracción de material de cantera y a su apilamiento en lugar adecuado, escogido para tal fin con la finalidad de ser llevado a obra para la conformación de terraplenes, rellenos estructurales y mejoramientos.

REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

204.05 El procedimiento para determinar los espesores de compactación deberán incluir pruebas aleatorias longitudinales, transversales y en profundidad verificando que se cumplen con los requisitos de compactación en toda la profundidad propuesta.

El espesor propuesto deberá ser el máximo que se utilicé en obra, el cual en ningún caso debe exceder de trescientos milímetros (300 mm). La secuencia de construcción de los terraplenes deberá ajustarse a las condiciones estacionales y climáticas que imperen en la región del proyecto. Cuando se haya programado la construcción de las obras de arte previamente a la elevación del cuerpo del

terraplén, no deberá iniciarse la construcción de éste antes de que las alcantarillas y muros de contención se terminen en un tramo no menor de quinientos metros (500 m) adelante del frente del trabajo, en cuyo caso deberán concluirse también, en forma previa, los rellenos de protección que tales obras necesiten. En las zonas de ensanche de terraplenes existentes o en la construcción de éstos sobre terreno inclinado, previamente preparado, el talud existente o el terreno natural deberán cortarse en forma escalonada, de acuerdo con los planos o las instrucciones del Supervisor, para asegurar la estabilidad del terraplén nuevo.

Si el terraplén hubiere de construirse sobre turba o suelos blandos, se deberá asegurar la eliminación total o parcial de estos materiales, su tratamiento previo o la utilización de cualquier otro medio propuesto por el Contratista y autorizado por el Supervisor, que permita mejorar la calidad del soporte, hasta que éste ofrezca la suficiente estabilidad para resistir esfuerzos debidos al peso del terraplén terminado.

204.06 Base y Cuerpo del terraplén

El material del terraplén se colocará en capas de espesor uniforme, el cual será lo suficientemente reducido para que, con los equipos disponibles, se obtenga el grado de compactación exigido. Los materiales de cada capa serán de características uniformes. No se extenderá ninguna capa, mientras no se haya comprobado que la subyacente cumple las condiciones de compactación exigidas. Será responsabilidad del Contratista asegurar un contenido de humedad que garantice el grado de compactación exigido en todas las capas del cuerpo del terraplén.

204.07 Corona del terraplén

Salvo que los planos del proyecto o las especificaciones particulares establezcan algo diferente, la corona deberá tener un espesor compacto mínimo de treinta centímetros (30 cm) contruidos en dos capas de igual espesor.

Los terraplenes se deberán construir hasta una cota superior a la indicada en los planos, en la dimensión suficiente para compensar los asentamientos producidos por efecto de la consolidación y obtener la rasante final a la cota proyectada.

Al terminar cada jornada, la superficie del terraplén deberá estar compactada y bien nivelada, con declive suficiente que permita el escurrimiento de aguas lluvias sin peligro de erosión.

Deberá prohibirse la acción de todo tipo de tránsito sobre las capas en ejecución, hasta que se haya completado su compactación. Si ello no resulta posible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre ellas se distribuirá de manera que no se concentren huellas de rodadura en la superficie.

El Contratista responderá, hasta la aceptación final, por la estabilidad de los terraplenes construidos con cargo al contrato y asumirá todos los gastos que resulten de sustituir cualquier tramo que, a juicio del Supervisor, haya sido mal construido por descuido o error atribuible a aquel.

204.08 Aceptación de Trabajos

Los trabajos para su aceptación estarán sujetos a lo siguiente por el supervisor:

➤ Controles

- ✓ El estado y funcionamiento de todo el equipo utilizado por el Contratista.
- ✓ Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.
- ✓ Comprobar que los materiales por emplear cumplan los requisitos de calidad exigidos.
- ✓ Verificar la compactación de todas las capas del terraplén.
- ✓ Realizar medidas para determinar espesores y levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.

➤ Calidad de los Materiales

De cada procedencia de los suelos empleados para la construcción de terraplenes y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se determinarán:

- ✓ Granulometría
- ✓ Límites de Consistencia.
- ✓ Abrasión.
- ✓ Clasificación.

➤ Calidad del producto terminado

Cada capa terminada de terraplén deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a la rasante y pendientes establecidas.

Los taludes terminados no deberán acusar irregularidades a la vista.

La cota de cualquier punto de la subrasante en terraplenes, conformada y compactada, no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la cota proyectada.

✓ Compactación

Las determinaciones de la densidad de cada capa compactada se realizarán según se establece en el Cuadro N° 3.02 y los tramos por aprobar se definirán sobre la base de un mínimo de seis (6) determinaciones de densidad. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar.

Las densidades individuales del tramo (D_i) deberán ser, como mínimo, el noventa por ciento (**90%**) de la máxima densidad obtenida en el ensayo proctor modificado de referencia (D_e) para la base y cuerpo del terraplén y el noventa y cinco por ciento (**95%**) con respecto a la máxima obtenida en el mismo ensayo, cuando se verifique la compactación de la corona del terraplén.

$D_i > 0.90 D_e$; (base y cuerpo)

$D_i > 0.95 D_e$; (corona)

La humedad del trabajo no debe variar en $\pm 2\%$ respecto del Optimo Contenido de Humedad obtenido con el proctor modificado.

El incumplimiento de estos requisitos originará el rechazo del tramo.

MEDICIÓN

204.09 La unidad de medida para los volúmenes de conformación de terraplenes será el metro cúbico (m^3), aproximado al metro cúbico completo, de material compactado, aceptado por el Supervisor, en su posición final.

Para el cálculo de volúmenes de terraplenes se usará el método del promedio de áreas extremas, en base a la determinación de las áreas en secciones transversales consecutivas, su promedio y multiplicado por la longitud entre las secciones a lo largo de la línea del eje de la vía. El volumen así resultante constituye el volumen a pagar cuando sea aprobado por el Supervisor.

Dichas áreas están limitadas por las siguientes líneas de pago:

- ✓ Las líneas del terreno (terreno natural, con capa vegetal removida, afirmado existente, cunetas y taludes existentes).
- ✓ Las líneas del proyecto (nivel de subrasante, cunetas y taludes proyectados).

No se medirán los terraplenes que haga el Contratista en sus caminos de acceso y obras auxiliares que no formen parte de las obras del proyecto.

PAGO

204.10 El trabajo de terraplenes se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el Supervisor.

El precio unitario que figura en el presupuesto incluye la mano de obra y equipo necesario para la colocación y extracción del material procedente de la excavación del material adecuado o de préstamo de cantera.

ÍTEM DE PAGO	UNIDAD DE PAGO
204 Conformación de Terraplén	Metro cúbico (M3)

SECCIÓN: 300. SUB BASES Y BASES

301. CONFORMACIÓN DE SUB BASE GRANULAR

DESCRIPCIÓN

301.01 Generalidades

Este trabajo consiste en el suministro, colocación y compactación de material de subbase granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos del proyecto o establecidos por el Supervisor.

MATERIALES

301.02 Para la construcción de afirmados y subbases granulares, los materiales serán agregados naturales procedentes de excedentes de excavaciones o canteras clasificados y aprobados por el Supervisor o podrán provenir de la trituración de rocas y gravas, o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias.

Las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales. Sus condiciones de limpieza dependerán del uso que se vaya a dar al material.

Además, deberán ajustarse a una de las franjas granulométricas indicadas en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 3.03

Requerimientos Granulométricos para Sub-Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (N° 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.0 mm (N° 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4.25 um (N° 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 um (N° 200)	2 – 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15

(1) La curva de Gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 m.s.n.m.

(1) La curva granulométrica SB-3 deberá usarse en zonas con altitud mayor de 3 500 m.s.n.m.

Fuente: EG – 2000

Además, el material también deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

Cuadro N° 3.04

Requerimientos de Ensayos Especiales para Sub-Base Granular

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Abrasión	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx	50 % máx
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín	40 % mín
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx	25% máx
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 89	6% máx	4% máx
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín	35% mín
Sales Solubles	MTC E 219			1% máx.	1% máx.
Partículas Chatas y Alargadas (2)	MTC E 211	D 4791		20% máx	20% máx

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1"(2.5 mm)

(2) La relación ha emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud).

Fuente: EG – 2000

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Contratista deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente y viceversa.

EQUIPO

301.03 Todos los equipos deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del supervisor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de las exigencias del trabajo.

El equipo será el más adecuado y apropiado para la explotación de los materiales, su clasificación, trituración de ser requerido, lavado de ser necesario, equipo de carga, descarga, transporte, extendido, mezcla, homogeneización, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

301.04 Explotación de Materiales y Elaboración de Agregados

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y equipos utilizados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados requeridos, deberán tener aprobación previa del Supervisor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Contratista suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

301.05 Preparación de la superficie existente

El Supervisor sólo autorizará la colocación de material de subbase granular cuando la superficie sobre la cual debe asentarse tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Supervisor. Además, deberá estar concluida la construcción de las cunetas, desagües y filtros necesarios para el drenaje de la calzada.

Si en la superficie de apoyo existen irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en las especificaciones respectivas, de acuerdo con lo que se prescribe en la unidad de obra correspondiente, el Contratista hará las correcciones necesarias, a satisfacción del Supervisor.

301.06 Tramos de Prueba para Subbases granulares, Bases granulares

Antes de iniciar los trabajos, el Contratista emprenderá una fase de ejecución de tramos de prueba para verificar el estado y comportamiento de los equipos y determinar, en secciones de ensayo, el método definitivo de preparación,

transporte, colocación y compactación de los materiales, de manera que se cumplan los requisitos de cada especificación.

Para tal efecto, construirá uno o varios tramos de prueba de ancho y longitud definidos de acuerdo con el Supervisor y en ellas se probarán el equipo y el plan de compactación.

El Supervisor tomará muestras de la capa en cada caso y las ensayará para determinar su conformidad con las condiciones especificadas de densidad, granulometría y demás requisitos. En el caso de que los ensayos indiquen que la subbase o base granular o estabilizada no se ajusta a dichas condiciones, el Contratista deberá efectuar inmediatamente las correcciones requeridas a los sistemas de preparación, extensión y compactación, hasta que ellos resulten satisfactorios para el Supervisor, debiendo repetirse los tramos de prueba cuantas veces sea necesario.

Bajo estas condiciones, si el tramo de prueba defectuoso ha sido efectuado sobre un sector de la carretera proyectada, todo el material colocado será totalmente removido y transportado al lugar de disposición final de materiales excedentes, según lo indique el Supervisor a costo del Contratista.

301.07 Transporte y colocación del material

El Contratista deberá transportar y verter el material, de tal modo que no se produzca segregación, ni se cause daño o contaminación en la superficie existente.

Cualquier contaminación que se presentare, deberá ser subsanada antes de proseguir el trabajo.

La colocación del material sobre la capa subyacente se hará en una longitud que no sobrepase mil quinientos metros (1 500 m) de las operaciones de mezcla, conformación y compactación del material de la Subbase.

Durante ésta labor se tomarán las medidas para el manejo del material de Subbase, evitando los derrames de material y por ende la contaminación de fuentes de agua, suelos y flora cercana al lugar.

301.08 Extensión y mezcla del material

El material se dispondrá en un cordón de sección uniforme, donde será verificada su homogeneidad. Si la subbase se va a construir mediante combinación de varios materiales, éstos se mezclarán formando cordones

separados para cada material en la vía, los cuales luego se combinarán para lograr su homogeneidad. En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad óptima de compactación, el Contratista empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje el material con una humedad uniforme. Este, después de mezclado, se extenderá en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

Durante esta actividad se tomarán las medidas para la extensión, mezcla y conformación del material, evitando los derrames de material que pudieran contaminar fuentes de agua, suelos y flora cercana al lugar.

301.09 Compactación

Una vez que el material de la subbase tenga la humedad apropiada, se conformará y compactará con el equipo aprobado por el Supervisor, hasta alcanzar la densidad especificada.

Aquellas zonas que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactarán por los medios adecuados para el caso, en forma tal que las densidades que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa. La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de un tercio (1/3) del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior.

No se extenderá ninguna capa de material de subbase mientras no haya sido realizada la nivelación y comprobación del grado de compactación de la capa precedente. Tampoco se ejecutará la subbase granular en momentos en que haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

Las densidades individuales (DI) deben ser, como mínimo el cien por ciento (100%) de la obtenida en el ensayo próctor modificado de referencia ASTM D-1557 (MTC E 115).

$$DI \geq \% DE$$

La humedad de trabajo no debe variar en ± 2.0 % respecto del óptimo contenido de humedad obtenido con el próctor modificado. Para subbase se admite como máximo ± 1.5

Sobre la base de los tramos escogidos para el control de la compactación, se determinará el espesor medio de la capa compactada (EM), el cual no podrá ser inferior al de diseño (ED).

$$EM \geq ED$$

Además el valor obtenido en cada determinación individual (EI) deberá ser, cuando menos, igual al noventa y cinco por ciento (95 %) del espesor del diseño, so pena del rechazo del tramo controlado.

$$EI \geq 0.95 ED$$

301.10 Apertura al Tránsito

Sobre las capas en ejecución se prohibirá la acción de todo tipo de tránsito mientras no se haya completado la compactación. Si ello no es factible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre ellas, se distribuirá de forma que no se concentren ahuellamientos sobre la superficie. El Contratista deberá responder por los daños producidos por esta causa, debiendo proceder a la reparación de los mismos con arreglo a las indicaciones del Supervisor.

301.11 Conservación

Si después de aceptada la subbase granular, el Contratista demora por cualquier motivo la construcción de la capa inmediatamente superior, deberá reparar, a su costo, todos los daños en la subbase y restablecer el mismo estado en que se aceptó.

301.12 Aceptación de los trabajos

a. Controles

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

- ✓ Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado por el contratista.
- ✓ Comprobar que los materiales cumplen con los requisitos de calidad exigidos en la ítem 301.02 y en la respectiva especificación.

- ✓ Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aceptado como resultado de los tramos de prueba en el caso de subbases y bases granulares o estabilizadas.
- ✓ Ejecutar ensayos de compactación en el laboratorio. Verificar la densidad de las capas compactadas efectuando la corrección previa por partículas de agregado grueso, siempre que ello sea necesario. Este control se realizará en el espesor de capa realmente construido de acuerdo con el proceso constructivo aplicado.
- ✓ Tomar medidas para determinar espesores y levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.
- ✓ Vigilar la regularidad en la producción de los agregados de acuerdo con los programas de trabajo.
- ✓ Vigilar la ejecución de las consideraciones ambientales incluidas en esta sección para la ejecución de obras de subbases y bases.

b. Calidad de los Agregados

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción se determinarán los ensayos con las frecuencias que se indican en el Cuadro N° 3.05.

Cuadro N° 3.05
Ensayos y Frecuencias – Materiales para Sub Base

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de Ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
Sub Base	Granulometría	MTC E 204	D 422	T 27	1 cada 750 m ³	Cantera
	Límites de Consistencia	MTC E 111	D 4318	T 89	1 cada 750 m ³	Cantera
	Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	1 cada 2000 m ³	Cantera
	Abrasión Los Angeles	MTC E 207	C 131	T 96	1 cada 2000 m ³	Cantera
	CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	1 cada 2000 m ³	Cantera
	Densidad – Humedad	MTC E 115	D 1557	T 180	1 cada 750 m ²	Pista
	Compactación	MTC E 117	D 1556	T 191	1 cada 250 m ²	Pista
MTC E 124		D 2922	T 238			

(1) O antes, si por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico - mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada Propiedad y/o Característica.

Fuente: EG – 2000

301.13 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias.

Tanto las condiciones de recibo como las tolerancias para las obras ejecutadas, se indican en las especificaciones correspondientes. Todos los ensayos y mediciones requeridos para el recibo de los trabajos especificados, estarán a cargo del Supervisor. Aquellas áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias, deberán ser corregidas por el Contratista, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Supervisor, a satisfacción de éste.

Inspección Visual que será un aspecto para la aceptación de los trabajos ejecutados de acuerdo a la buena práctica del arte, experiencia del Supervisor y estándares de la industria.

La cota de cualquier punto de la subbase conformada y compactada, no variará en más de diez milímetros (10 mm) de la cota proyectada.

La uniformidad de la superficie de la obra ejecutada será comprobada con una regla de tres metros (3 m) de longitud, colocada tanto paralela como normalmente al eje de la vía, no admitiéndose variaciones superiores a diez milímetros (10 mm), para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente. Cualquier irregularidad que exceda esta tolerancia se corregirá con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso, para asegurar buena adherencia, será obligatorio escarificar la capa existente y compactar nuevamente la zona afectada.

301.14 Ensayo de deflectometría sobre la subbase terminada

Una vez terminada la construcción de la subbase granular, el Contratista, con la verificación de la Supervisión, efectuará una evaluación deflectométrica, aplicando las condiciones mencionadas en la **Sub sección 203.03**.

MEDICIÓN

301.15 Construcción de afirmados; subbases granulares, bases granulares y suelos estabilizados

La unidad de medida será el metro cúbico (m³), aproximado al entero, de material o mezcla suministrada, colocada y compactada, a satisfacción del Supervisor, de acuerdo con lo que exija la especificación respectiva, las dimensiones que se indican en el Proyecto o las modificaciones ordenadas por el Supervisor.

El volumen se determinará por el sistema promedio de áreas extremas, utilizando las secciones transversales y la longitud real, medida a lo largo del eje del proyecto. No se medirán cantidades en exceso de las especificadas ni fuera de las dimensiones de los planos y del Proyecto, especialmente cuando ellas se produzcan por sobre excavaciones de la subrasante por parte del Contratista.

PAGO

301.16 Construcción de afirmados; subbases granulares, bases granulares y suelos estabilizados y bacheos con materiales granulares de subbase y base.

El pago se hará por metro cúbico al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo tanto con esta Sección como con la especificación respectiva y aceptada a satisfacción por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; obtención de permisos ambientales para la explotación de los suelos y agregados; las instalaciones provisionales; los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos de explotación, selección, trituración, lavado, transportes dentro de las zonas de producción, almacenamiento, clasificación, desperdicios, carga, transporte del material al punto de aplicación, descarga, mezcla, colocación, nivelación y compactación de los materiales utilizados; y los de extracción, bombeo, transporte y distribución del agua requerida.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de ejecución de los tramos de prueba y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de la capa respectiva.

ÍTEM DE PAGO	UNIDAD DE PAGO
301 Conformación de Sub Base Granular	Metro cúbico (M3)

302. CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR

DESCRIPCIÓN

302.01 Generalidades

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación y compactación de material de base granular aprobado sobre una subbase, afirmado o subrasante, en una o varias capas, conforme con las dimensiones, alineamientos y pendientes señalados en los planos del proyecto u ordenados por el Supervisor.

MATERIALES

302.02 Los materiales para base granular triturada solo provendrán de canteras autorizadas y será obligatorio el empleo de un agregado que contenga una fracción producto de trituración mecánica.

En ambos casos, las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales. Sus condiciones de limpieza dependerán del uso que se vaya a dar al material.

Además, deberán ajustarse a las siguientes especificaciones de calidad:

a. Granulometría

La composición final de la mezcla de agregados presentará una granulometría continua y bien graduada (sin inflexiones notables) según una fórmula de trabajo de dosificación aprobada por el Supervisor y según uno de los requisitos granulométricos que se indican en el Cuadro N° 3.06. Para las zonas con altitud de 3000 msnm se deberá seleccionar la gradación "A".

Cuadro N° 3.06
Requerimientos Granulométricos para Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	—	---
25 mm (1")	—	75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (N° 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.0 mm (N° 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4.25 um (N° 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 um (N° 200)	2 – 8	5 – 15	5 - 15	8 – 15

Fuente: EG 2000

El material de Base Granular deberá cumplir además con las siguientes características físico-mecánicas y químicas que a continuación se indican:

Valor Relativo de Soporte, CBR	Tráfico Ligero y Medio	Mín 80%
	Tráfico Pesado	Mín 100%

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Contratista deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente o viceversa.

b. Agregado Grueso

Se denominará así a los materiales retenidos en la Malla N° 4, los que consistirán de partículas pétreas durables y trituradas capaces de soportar los efectos de manipuleo, extendido y compactación sin producción de finos contaminantes.

Deberán cumplir las siguientes características:

Cuadro N° 3.07
Requerimientos Agregado Grueso – Base Granular

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos	
				Altitud	
				< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% min.	80% min.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% min.	50% min.
Abrasión Los Angeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx	40% max
Partículas Chatas y Alargadas (1)	MTC E 221	D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales Solubles Totales	MTC E 219	D 1888		0.5% máx.	0.5% máx.
Pérdida con Sulfato de Sodio	MTC E 209	C 88	T 104	-,-	12% máx.
Pérdida con Sulfato de Magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	-,-	18% máx.

(1) La relación ha emplearse para la determinación es: 1/3 (espesor/longitud).

Fuente: EG 2000

c. Agregado Fino

Se denominará así a los materiales pasantes la malla N° 4 que podrán provenir de fuentes naturales o de procesos de trituración o combinación de ambos.

Cuadro N° 3.08
Requerimientos Agregado Fino – Base Granular

Ensayo	Norma	Requerimientos	
		< 3 000 msnm	> 3 000 msnm
Indice Plástico	MTC E 111	4% máx	2% máx
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín	45% mín
Sales solubles totales	MTC E 219	0,55% máx	0,5% máx
Indice de durabilidad	MTC E 214	35% mín	35% mín

Fuente: EG 2000

EQUIPO

302.03 El equipo será el más adecuado y apropiado para la explotación de los materiales, su clasificación, trituración de ser requerido, lavado de ser necesario, equipo de carga, descarga, transporte, extendido, mezcla, homogeneización, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

302.04 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y equipos utilizados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados requeridos, deberán tener aprobación previa del Supervisor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Contratista suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

La mezcla de agregados deberá salir de la planta con la humedad requerida de compactación, teniendo en cuenta las pérdidas que puede sufrir en el transporte y colocación.

Definida la fórmula de trabajo de la base granular, la granulometría deberá estar dentro del rango dado por el huso granulométrico adoptado.

302.05 Preparación de la superficie existente

El Supervisor sólo autorizará la colocación de material de base granular cuando la superficie sobre la cual debe asentarse tenga la densidad y las cotas indicadas o definidas por el Supervisor. Además deberá estar concluida la construcción de las cunetas, desagües y filtros necesarios para el drenaje de la calzada.

Si en la superficie de apoyo existen irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en las especificaciones respectivas, de acuerdo con lo que se prescribe en la unidad de obra correspondiente, el Contratista hará las correcciones necesarias a satisfacción del Supervisor.

302.06 Tramo de Prueba

Se aplica lo descrito en la **Sub sección 301.06** de este documento.

302.07 Transporte y colocación de material

Se aplica lo indicado en la **Sub sección 301.12** de este documento.

302.08 Extensión y mezcla del material

En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad de compactación, el Contratista empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique a la capa subyacente y deje una humedad uniforme en el material. Este, después de mezclado, se extenderá en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en el tramo de prueba.

302.09 Compactación

El procedimiento para compactar la base granular es igual al descrito en la **Sub sección 301.09** de este documento.

302.10 Apertura al tránsito

Se aplica lo descrito en la **Sub sección 301.10** de este documento.

302.11 Conservación

Resulta aplicable todo lo indicado en la **Sub sección 301.11** de este documento.

302.12 Aceptación de los Trabajos

a. Controles

Se aplica lo indicado en la **Sub sección 301.12 (a)** de este documento.

b. Calidad de los Agregados

De cada procedencia de los agregados y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción se determinarán los ensayos con las frecuencias que se indican en el Cuadro N° 3.09.

Cuadro N° 3.09
Ensayos y Frecuencias – Base granular

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de Ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
Base Granular	Granulometría	MTC E 204	D 422	T 88	7500 m³	Cantera
	Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	750 m³	Cantera
	Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 89	750 m³	Cantera
	Desgaste Los Angeles	MTC E 207	C 131	T 96	2000 m³	Cantera
	Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	2000 m³	Cantera
	Sales Solubles	MTC E 219	D 1888		2000 m³	Cantera
	CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	2000 m³	Cantera
	Partículas Fracturadas	MTC E 210	D 5821		2000 m³	Cantera
	Partículas Chatas y Alargadas	MTC E 221	D 4791		2000 m³	Cantera
	Pérdida en Sulfato de Sodio / Magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	2000 m³	Cantera
	Densidad – Humedad	MTC E 115	D 1557	T 180	750 m³	Pista
	Compactación	MTC E 117	D 1556	T 191	250 m²	Pista
MTC E 124		D 2922	T 238			

(1) O antes, si por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico - mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada Propiedad y/o Característica.

Fuente. EG 2000

No se permitirá que a simple vista el material presente restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores del máximo especificado.

302.13 Calidad del producto terminado

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje de proyecto y el borde de la capa no podrá ser inferior a la señalada en los planos o la definida por el Supervisor quien, además, deberá verificar que la cota de cualquier punto de la base conformada y compactada, no varíe en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Así mismo, deberá efectuar las siguientes comprobaciones:

a. Compactación

Las determinaciones de la densidad de la base granular se efectuarán en una proporción de cuando menos una vez por cada doscientos cincuenta metros cuadrados (250 m²) y los tramos por aprobar se definirán sobre la base de un mínimo de seis (6) medidas de densidad, exigiéndose que los valores individuales (Di) sean iguales o mayores al cien por cientos (100%) de la densidad máxima obtenida en el ensayo Próctor (De)

$$D_i \geq D_e$$

La humedad de trabajo no debe variar en ± 1.5 % respecto del óptimo Contenido de Humedad obtenido con el Próctor modificado.

En caso de no cumplirse estos requisitos se rechazará el tramo.

Siempre que sea necesario, se efectuarán las correcciones por presencia de partículas gruesas. Previamente al cálculo de los porcentajes de compactación.

b. Espesor

Sobre la base de los tramos escogidos para el control de la compactación, se determinará el espesor medio de la capa compactada (em), el cual no podrá ser inferior al de diseño (ed) más o menos 10 milímetros (± 10 mm).

$$e_m \geq e_d \pm 10 \text{ mm}$$

Además el valor obtenido en cada determinación individual (ei) deberá ser, como mínimo, igual al noventa y cinco por ciento (95%) del espesor de diseño, so pena del rechazo del tramo controlado.

$$e_i > 0.95 e_d$$

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias mencionadas, así como las áreas en donde la base granular presente agrietamientos o segregaciones, deberán ser corregidas por el Contratista, a su costa, y a plena satisfacción del Supervisor.

c. Lisura

La uniformidad de la superficie de la obra ejecutada, se comprobará con una regla de tres metros (3 m) de longitud, colocada tanto paralela como normalmente al eje de la vía, no admitiéndose variaciones superiores a diez milímetros (10 mm) para cualquier punto. Cualquier irregularidad que exceda esta tolerancia se corregirá con reducción o adición de material en capas de

poco espesor, en cuyo caso, para asegurar buena adherencia, será obligatorio esçarificar la capa existente y compactar nuevamente la zona afectada.

302.14 Ensayo de deflectometría sobre la base terminada

Se aplicará lo indicado en la **Sub sección 203.03** de este documento.

MEDICIÓN

302.15 La unidad de medida será el metro cúbico (m³), aproximado al entero, de material o mezcla suministrada, colocada y compactada, a satisfacción del Supervisor, de acuerdo con lo que exija la especificación respectiva, las dimensiones que se indican en el Proyecto o las modificaciones ordenadas por el Supervisor. Se aplica lo indicado en la **Sub sección 301.15** de este documento.

PAGO

302.16 Se aplica lo especificado en la **Sub sección 301.16** de este documento.

ÍTEM DE PAGO	UNIDAD DE PAGO
302 Conformación de Base Granular	Metro cúbico (M3)

SECCIÓN: 400. PAVIMENTOS

401. IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA

DESCRIPCIÓN

401.01 Generalidades

401.01 Bajo este ítem "Imprimación", el Contratista debe suministrar y aplicar material bituminoso a una base o superficie del camino preparada con anterioridad, de acuerdo con las Especificaciones y de conformidad con los planos o como sea designado por el Ingeniero Supervisor.

MATERIALES

401.02 El material bituminoso a aplicar en este trabajo será el siguiente:

(a) Emulsiones Asfálticas de curado rápido (CRS-1, CRS-2) diluido con agua, de acuerdo a la textura de la Base.

(b) Podría ser admitido el uso de Asfalto líquido, de grados MC-30, MC-70 ó MC-250 que cumpla con los requisitos del Cuadro N° 3.10.

El tipo de material a utilizar deberá ser establecido en el Proyecto o según lo indique el Supervisor. El material debe ser aplicado tal como sale de planta, sin agregar ningún solvente o material que altere sus características.

La cantidad por m² de material bituminoso, debe estar comprendido entre 0,7 - 1,5 lt/m² para una penetración dentro de la capa granular de apoyo de 7 mm por lo menos, verificándose esto cada 25 m.

Cuadro N° 3.10

Requisitos de Material Bituminoso Diluido de Curado Medio

Características	Ensayo	MC - 30		MC - 70		MC - 250	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
Viscosidad Cinemática a 60 °C, (mm ² /s)	MTC E 301	30	60	70	140	250	500
Punto de Inflamación (TAG, Copa abierta) °C	MTC E 312	38		38		66	
Destilación, volumen total destilado hasta 360 °C, (%Vol):							
a 190 °C	MTC E 313						
a 225 °C			25	0	20	0	10
a 260 °C		40	70	20	60	15	55
a 315 °C		75	93	65	90	60	87
Residuo de la destilación a 315 °C		50		55		67	
Pruebas sobre el residuo de la destilación:							
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm	MTC E 306	100	-	100	-	100	-
Penetración a 25 °C, 100 gr, 5 seg (*)	MTC E 304	120	250	120	250	120	250
Viscosidad absoluta a 60 °C, Pa.s	MTC E 302	30	120	30	120	30	120
Solubilidad en triclotileno, %		99		99		99	
Contenido de agua, % del volumen		-	0.2	-	0.2	-	0.2

(*) Opcionalmente se puede reportar Penetración en vez de viscosidad.

Fuente: EG – 2000

Antes de la iniciación del trabajo, el Supervisor aprobará la tasa de aplicación del material de acuerdo a los resultados del tramo de prueba.

EQUIPO

401.03 Todos los equipos empleados deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del

Supervisor teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de las exigencias de calidad de la presente especificación y de la correspondiente a la respectiva partida de trabajo.

Para los trabajos de imprimación se requieren elementos mecánicos de limpieza y carrotanques irrigadores de agua y asfalto.

El equipo para limpieza estará constituido por una barredora mecánica y/o una sopladora mecánica. La primera será del tipo rotatorio y ambas serán operadas mediante empuje o arrastre con tractor. Como equipo adicional podrán utilizarse compresores, escobas, y demás implementos que el Supervisor autorice.

El carrotanque imprimador de materiales bituminosos deberá cumplir exigencias mínimas que garanticen la aplicación uniforme y constante de cualquier material bituminoso, sin que lo afecten la carga, la pendiente de la vía o la dirección del vehículo. Sus dispositivos de irrigación deberán proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante.

El vehículo deberá estar provisto de un velocímetro calibrado en metros por segundo (m/s), o pies por segundo (pie/s), visible al conductor, para mantener la velocidad constante y necesaria que permita la aplicación uniforme del asfalto en sentido longitudinal.

El carrotanque deberá aplicar el producto asfáltico a presión y para ello deberá disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión. También, deberá estar provisto de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensible no podrá encontrarse cerca de un elemento calentador.

Para áreas inaccesibles al equipo irrigador y para retoques y aplicaciones mínimas, se usará una caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carrotanque con una boquilla de expansión que permita un riego uniforme. Por ningún motivo se permitirá el empleo de regaderas u otros dispositivos de aplicación manual por gravedad.

REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

401.04 Clima

La capa de imprimación debe ser aplicada solamente cuando la temperatura atmosférica a la sombra este por encima de los 10 °C y la superficie del camino esté razonablemente seca y las condiciones climáticas, en la opinión de la Supervisión, se vean favorables (no lluviosos, ni muy nublado).

401.05 Preparación de la Superficie

La superficie de la base que debe ser imprimada (impermeabilizada) debe estar en conformidad con los alineamientos, gradientes y secciones típicas mostradas en los planos y con los requisitos de las Especificaciones relativas a la Base Granular.

Antes de la aplicación de la capa de imprimación, todo material suelto o extraño debe ser eliminado por medio de una barredora mecánica y/o un soplador mecánico, según sea necesario. Las concentraciones de material fino deben ser removidas por medio de la cuchilla niveladora o con una ligera escarificación. Cuando lo autorice el Supervisor, la superficie preparada puede ser ligeramente humedecida por medio de rociado, inmediatamente antes de la aplicación del material de imprimación.

401.06 Aplicación de la Capa de Imprimación

Durante la ejecución el Contratista debe tomar las precauciones necesarias para evitar incendios, siendo el responsable por cualquier accidente que pudiera ocurrir.

El material bituminoso de imprimación debe ser aplicado sobre la base completamente limpia, por un distribuidor a presión que cumpla con los requisitos indicados anteriormente. El Contratista dispondrá de cartones o papel grueso que acomodará en la Base antes de imprimir, para evitar la superposición de riegos, sobre un área ya imprimada, al accionar la llave de riego debiendo existir un empalme exacto. El material debe ser aplicado uniformemente a la temperatura y a la velocidad de régimen especificada por el Supervisor. En general, el régimen debe estar entre 0,7 a 1,5 lts/m², dependiendo de cómo se halle la textura superficial de la base.

La temperatura del material bituminoso en el momento de aplicación, debe estar comprendida dentro de los límites establecidos en el Cuadro N° 3.11, y será aplicado a la temperatura que apruebe el Supervisor.

Cuadro N° 3.11
Rangos de Temperatura de Aplicación (°C) - Bitúmenes

Tipo y Grado del Asfalto	Rangos de Temperatura	
	En Esparcido o Riego	En Mezclas Asfálticas (1)
Asfaltos Diluidos:		
MC-30	30-(2)	-
RC-70 o MC-70	50-(2)	-
RC-250 o MC-250	75-(2)	60-80(3)
RC-800 o MC-800	95-(2)	75-100(3)
Emulsiones Asfálticas		
CRS-1	50-85	-
CRS-2	60-85	-
CMS-2	40-70	50-60
CMS-2h; CSS-1; CSS-1h	20-70	20-70
Cemento Asfáltico		
Todos los grados	140 máx. (4)	140 máx. (4)

(1) Temperatura de mezcla inmediatamente después de preparada.

(2) Máxima temperatura en la que no ocurre vapores o espuma.

(3) Temperatura en la que puede ocurrir inflamación. Se deben tomar precauciones para prevenir fuego o explosiones.

(4) Se podrá elevar esta temperatura de acuerdo a las cartas temperatura-viscosidad del fabricante.

Fuente: EG – 2000

Al aplicar la capa de imprimación, el distribuidor debe ser conducido a lo largo de un filo marcado para mantener una línea recta de aplicación. El Contratista debe determinar la tasa de aplicación del ligante y hacer los ajustes necesarios. Algún área que no reciba el tratamiento, debe ser inmediatamente imprimada usando una manguera conectada al distribuidor.

Si las condiciones de tráfico lo permiten, la aplicación debe ser hecha sólo en la mitad del ancho de la Base.

Debe tenerse cuidado de colocar la cantidad correcta de material bituminoso a lo largo de la junta longitudinal resultante. Inmediatamente después de la aplicación de la capa de imprimación, ésta debe ser protegida por avisos y barricadas que impidan el tránsito durante el período de curado (4 días aprox.).

401.07 Apertura al Tráfico y Mantenimiento

El área imprimada debe airearse, sin ser arenada por un término de 24 horas, a menos que lo ordene de otra manera el Supervisor. Si el clima es frío o si el material de imprimación no ha penetrado completamente en la superficie de la base, un período más largo de tiempo podrá ser necesario. Cualquier exceso de material bituminoso que quede en la superficie después de tal lapso debe ser retirado usando arena, u otro material aprobado que lo absorba y como lo ordene el Supervisor, antes de que se reanude el tráfico.

El Contratista deberá conservar satisfactoriamente la superficie imprimada hasta que la capa de superficie sea colocada. La labor de conservación debe incluir, el extender cualquier cantidad adicional de arena u otro material aprobado necesario para evitar la adherencia de la capa de imprimación a las llantas de los vehículos y parchar las roturas de la superficie imprimada con mezcla bituminosa. En otras palabras, cualquier área de superficie imprimada que resulte dañada por el tráfico de vehículos o por otra causa, deberá ser reparada antes de que la capa superficial sea colocada, a costo del Contratista.

401.08 Aceptación de los trabajos

a. Controles

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

- ✓ Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado por el Contratista.
- ✓ Verificar que las plantas de asfalto y de trituración estén provistas de filtros, captadores de polvo, sedimentadores de lodo y otros aditamentos que el Supervisor considere adecuados y necesarios para impedir emanaciones de elementos particulados y gases que puedan afectar el entorno ambiental.
- ✓ Efectuar ensayos para verificar las dosificaciones de ligante en riegos de liga e imprimaciones.
- ✓ Para cada tramo imprimado será registrado la temperatura ambiente.

b. Calidad del material asfáltico

El Supervisor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de material bituminoso que no se encuentren respaldados por la certificación de calidad del

fabricante. En el caso de empleo de asfalto diluido, el Supervisor comprobará mediante muestras representativas (mínimo una muestra por cada 9000 galones o antes si el volumen de entrega es menor), el grado de viscosidad cinemática del producto, mientras que si está utilizando emulsión asfáltica, se comprobará su tipo, contenido de agua y penetración del residuo. En todos los casos, guardará una muestra para ensayos ulteriores de contraste, cuando el Contratista o el fabricante manifiesten inconformidad con los resultados iniciales.

c. Dosificación

El Supervisor se abstendrá de aceptar áreas imprimadas donde la dosificación varíe de la aprobada por él en más de diez por ciento (10%).

MEDICIÓN

401.09 El método de medición se hará en dos formas y por separado: superficie imprimada y aprobada por el Ingeniero Supervisor en metros cuadrados (m²), y galones de asfalto líquido empleado en la imprimación, que se pagará con la partida 422 Asfalto Diluido Tipo MC-30.

PAGO

401.10 De acuerdo a lo indicado anteriormente, se pagará con la partida 401 Imprimación Asfáltica, los metros cuadrados de superficie imprimada y aprobada por el Ingeniero Supervisor. Este precio incluirá compensación total por todo el trabajo especificado en esta partida, mano de obra, herramientas, equipos, materiales con excepción del asfalto, e imprevistos necesarios para completar el trabajo.

Los galones de asfalto líquido empleado en la imprimación se pagarán en la partida 404 Asfalto Diluido Tipo MC-30.

ÍTEM DE PAGO	UNIDAD DE PAGO
401 Imprimación Asfáltica	Metro cuadrado (M2)

402. CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE

DESCRIPCIÓN

402.01 Generalidades

Esta partida consistirá en la colocación de carpeta asfáltica en caliente y colocada sobre la base granular imprimada, a todo lo ancho de la vía incluyendo las bermas existente, de acuerdo a los planos y detalles del proyecto.

Las mezclas asfálticas en caliente estarán compuestas de agregados minerales gruesos, finos y material bituminoso. El uso de filler y aditivos mejoradores de adherencia, estarán sujetos a requerimiento del diseño de mezcla y calidad de los agregados.

MATERIALES

402.02 Los materiales a utilizar serán los que se especifican a continuación:

a. Agregados Minerales Gruesos

La proporción de los agregados retenidos en la malla N° 4, se designará Agregado Grueso y deberá proceder de la trituración de roca o grava, o por una combinación de ambas. Dichos materiales serán limpios, compactos y durables, no estarán recubiertos de arcilla, limo u otras sustancias perjudiciales.

No se utilizarán en capas de superficie, agregados con tendencia a pulimentarse por acción del tráfico.

Cuadro N° 3.12
Requerimientos para los Agregados Gruesos – Carpeta Asfáltica

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		< 3000	> 3000
Durabilidad (al Sulfato de Sodio)	MTC E 209	12% máx.	10% máx.
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)		18 máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx..	35% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	MTC E 221	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	Según Cuadro N° 3.13	
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 206	1.00%	Según Diseño
Adherencia	MTC E 519	+95	

Fuente: EG 2000

Cuadro N° 3.13
Requerimientos para Caras Fracturadas – Carpeta Asfáltica

Tráfico en Ejes Equivalentes (millones)	Espesor de Capa	
	< 100 mm	> 100 mm
≤ 3	65/40	50/30
> 3 – 30	85/50	60/40
> 30	100/80	90/70

Nota: La notación "60/40" indica que el 60% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 40% tiene dos caras fracturadas.

Fuente: EG 2000

b. Agregados minerales finos

La proporción de los agregados que pasan la malla N° 4, se designará Agregado Fino y estará constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. El material deberá estar libre de cualquier sustancia que impida la adhesión del asfalto y deberá satisfacer los requisitos de calidad indicados.

Cuadro N° 3.14
Requerimientos para los Agregados Finos – Carpeta Asfáltica

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		< 3000	> 3000
Equivalente de Arena	MTC E 209	Cuadro N° 3.15	
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	Cuadro N° 3.16	
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	4% mín.	6% mín.
Índice de Plasticidad (malla N°40)	MTC E 111	NP	NP
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N°200)	MTC E 111	Max 4	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 205	0.50%	Según Diseño

Fuente: EG -2000

Los granos del agregado fino deberán ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular. No se utilizarán en capas de superficie agregados con tendencia a pulimentarse por el tráfico.

Cuadro N° 3.15
Requerimientos del Equivalente de Arena – Carpeta Asfáltica

Tráfico en Ejes Equivalentes (millones)	Porcentaje de Equivalente Arena (mínimo)
≤ 3	45
> 3 – 30	50
> 30	55

Fuente: EG -2000

Cuadro N° 3.16
Angularidad del Agregado Fino – Carpeta Asfáltica

Tráfico en Ejes Equivalentes (millones)	Espesor de Capa	
	< 100 mm	> 100 mm
≤ 3	30 mín.	30 mín.
> 3 – 30	40 mín.	40 mín.
> 30	40 mín.	40 mín.

Fuente: EG -2000

c. Gradación

La gradación de los agregados pétreos para la producción de la mezcla asfáltica en caliente serán establecidos por el Contratista y aprobado por el Supervisor.

Además de los requisitos de calidad que debe tener el agregado grueso y fino según lo establecido en el acápite (a) y (b) de esta Sub sección el material de la mezcla de los agregados debe estar libre de terrones de arcilla y se aceptará como máximo el uno por ciento (1%) de partículas deleznable según ensayo. MTC E 212. Tampoco deberá contener materia orgánica y otros materiales deletéreos.

La gradación de la mezcla asfáltica normal (MAC) deberá responder a alguno de los siguientes husos granulométricos especificados.

Cuadro N° 3.17
Husos Granulométricos para agregados pétreos para mezcla asfáltica

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100	-	-
19,0 mm (3/4")	80 - 100	100	-
12,5 mm (1/2")	67- 85	80 - 100	-
9,5 mm (3/8")	60 - 77	70 - 88	100
4,75 mm (N° 4)	43 - 54	51 - 68	65 - 87
2,00 mm (N° 10)	29 - 45	38 - 52	43 - 61
425 mm (N° 40)	14 - 25	17- 28	16 - 29
180 mm (N° 80)	8 - 17	8 - 17	9 - 19
75 mm (N° 200)	4 - 8	4 - 8	5 - 10

Fuente: EG -2000

d. Filler o Polvo Mineral

El relleno mineral que sea necesario emplear como relleno de vacíos, espesante de la mezcla asfáltica o como mejorador de adherencia será de preferencia la cal hidratada que deberá cumplir los requisitos que se especifican en la norma AASHTO - M303.

Con mayor precaución y con la aprobación del Supervisor sujeto a pruebas y ensayos de la mezcla podrá utilizarse polvo calcáreo procedente de trituración de rocas. En este caso, se deberá cumplir la siguiente granulometría:

Cuadro N° 3.18
Granulometría Filler

Malla	% Retenido (en peso)
Residuo máximo en la malla de 600 μm (N° 30)	3%
Residuo máximo en la malla de 75 μm (N° 200)	20%

Fuente: EG -2000

De no ser cal, será polvo de roca. La cantidad a utilizar se definirá en la fase de diseños de mezcla según el Método Marshall.

e. Cemento Asfáltico

El cemento asfáltico a emplear en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente, será clasificado por su viscosidad absoluta y por su penetración. Su empleo será según las características climáticas de la región, la correspondiente carta viscosidad del cemento asfáltico, las consideraciones del Proyecto y las indicaciones del Supervisor.

El cemento asfáltico a emplear en los riegos de liga y en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será clasificado por viscosidad absoluta y por penetración. Su empleo será según las características climáticas de la región, la correspondiente carta viscosidad del cemento asfáltico y tal como lo indica el Cuadro N° 3,19, las consideraciones del Proyecto y las indicaciones del Supervisor.

Cuadro N° 3.19
Tipo de Cemento Asfáltico Clasificado según Penetración

Temperatura Media Anual			
24°C o más	24°C – 15°C	15°C - 5°C	Menos de 5 °C
40 – 50 ó	60-70	85 – 100	Asfalto Modificado
60-70 ó		120 - 150	
Modificado			

Fuente: EG -2000

El cemento asfáltico debe presentar un aspecto homogéneo, libre de agua y no formar espuma cuando es calentado a temperatura de 175 °C.

f. Fuentes de Provisión o Cantera

El Supervisor deberá verificar y aprobar el uso de las canteras de donde se extraerá los materiales que se emplearán en la mezcla asfáltica.

EQUIPO

402.03 Todos los equipos empleados deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptada, y requieren la aprobación previa del Supervisor teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de las exigencias de calidad de la presente especificación y de la correspondiente a la respectiva partida de trabajo.

Adicionalmente se deberá considerar lo siguiente:

a. Equipo para la Elaboración de los Agregados Triturados

La planta de trituración constará de una chancadora primaria y secundaria, de una zaranda vibratoria para la arena y de una zaranda de gravedad para la piedra.

b. Planta Mezcladora

La mezcla de concreto asfáltico se fabricará en plantas adecuadas de tipo continuo o discontinuo, capaces de manejar simultáneamente en frío el número de agregados que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Las plantas productoras de mezcla asfáltica deberán cumplir con lo establecido en la reglamentación vigente sobre protección y control de calidad del aire.

Las tolvas de agregados en frío deberán tener paredes resistentes y estar provistas de dispositivos de salida que puedan ser ajustados exactamente y mantenidos en cualquier posición. El número mínimo de tolvas será función del número de fracciones de agregados por emplear y deberá tener aprobación del Supervisor.

En las plantas del tipo tambor secador-mezclador, el sistema de dosificación de agregados en frío deberá ser ponderal y tener en cuenta su humedad para corregir la dosificación en función de ella. En los demás tipos de plantas de aceptarán sistemas de dosificación de tipo volumétrico.

La planta estará dotada de un secador que permita el secado correcto de los agregados y su calentamiento a la temperatura adecuada para la fabricación de la mezcla. El sistema de extracción de polvo deberá evitar su emisión a la atmósfera o el vertido de lodos a cauces de agua o instalaciones sanitarias.

Las plantas que no sean del tipo tambor secador-mezclador, estarán dotadas, así mismo, de un sistema de clasificación de los agregados en caliente, de capacidad adecuada a la producción del mezclador, en un número de fracciones no inferior a tres (3) y de tolvas de almacenamiento de las mismas, cuyas paredes serán resistentes y de altura suficiente para evitar Intercontaminaciones. Dichas tolvas en caliente estarán dotadas de un rebosadero, para evitar que el exceso de contenido se vierta en las contiguas o afecte el funcionamiento del sistema de clasificación; de un dispositivo de alarma, claramente perceptible por el operador, que avise cuando el nivel de la tolva baje del que proporcione el caudal calibrado y de un dispositivo para la toma de muestras de las fracciones almacenadas.

La instalación deberá estar provista de indicadores de la temperatura de los agregados, situados a la salida del secador y en las tolvas en caliente.

El sistema de almacenamiento, calefacción y alimentación del asfalto deberá permitir su recirculación y su calentamiento a la temperatura de empleo.

En el calentamiento del asfalto se emplearán, preferentemente, serpentines de aceite o vapor, evitándose en todo caso el contacto del ligante con elementos metálicos de la caldera que estén a temperatura muy superior a la de almacenamiento. Todas las tuberías, bombas, tanques, etc., deberán estar provistos de dispositivos calefactores o aislamientos. La descarga de retorno del ligante a los tanques de almacenamiento será siempre sumergida. Se dispondrán termómetros en lugares convenientes, para asegurar el control de la temperatura del ligante, especialmente en la boca de salida de éste al mezclador y en la entrada del tanque de almacenamiento. El sistema de circulación deberá estar provisto de una toma para el muestreo y comprobación de la calibración del dispositivo de dosificación.

En caso de que se incorporen aditivos a la mezcla, la instalación deberá poseer un sistema de dosificación exacta de los mismos. La instalación estará dotada de

sistemas independientes de almacenamiento y alimentación del llenante de recuperación y adición, los cuales deberán estar protegidos contra la humedad. Las instalaciones de tipo discontinuo deberán estar provistas de dispositivos de dosificación por peso cuya exactitud sea superior al medio por ciento (0,5%). Los dispositivos de dosificación del llenante y ligante tendrán, como mínimo, una sensibilidad de medio kilogramo (0,5 kg). El ligante deberá ser distribuido uniformemente en el mezclador, y las válvulas que controlan su entrada no deberán permitir fugas ni goteos.

En las instalaciones de tipo continuo, las tolvas de agregados clasificados calientes deberán estar provistas de dispositivos de salida, que puedan ser ajustados exactamente y mantenidos en cualquier posición. Estos dispositivos deberán ser calibrados antes de iniciar la fabricación de cualquier tipo de mezcla, en condiciones reales de funcionamiento.

El sistema dosificador del ligante deberá disponer de dispositivos para su calibración a la temperatura y presión de trabajo. En las plantas de mezcla continua, deberá estar sincronizado con la alimentación de los agregados pétreos y el llenante mineral.

En las plantas continuas con tambor secador-mezclador se deberá garantizar la difusión homogénea del asfalto y que ésta se realice de manera que no exista ningún riesgo de contacto con la llama ni de someter al ligante a temperaturas inadecuadas.

En las instalaciones de tipo continuo, el mezclador será de ejes gemelos. Si la planta posee tolva de almacenamiento de la mezcla elaborada, su capacidad deberá garantizar el flujo normal de los vehículos de transporte.

En la planta mezcladora y en los lugares de posibles incendios, es necesario que se cuente con un extintor de fácil acceso y uso del personal de obra.

Los trabajadores y operarios más expuestos al ruido, gases tóxicos y partículas deberán estar dotados con elementos de seguridad industrial y adaptados a las condiciones climáticas tales como: gafas, tapa oídos, tapabocas, casco, guantes, botas y otras que se crea pertinente.

c. Equipo para el transporte

Tanto los agregados como las mezclas se transportarán en volquetes debidamente acondicionadas para tal fin. La forma y altura de la tolva será tal, que durante el vertido en la terminadora, el volquete sólo toque a ésta a través de los rodillos previstos para ello.

Los volquetes deberán estar siempre provistos de dispositivos que mantengan la temperatura, así como para proteger debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir emisiones contaminantes.

d. Equipo para la extensión de la mezcla

La extensión y terminación de las mezclas densas en caliente se hará con una pavimentadora autopropulsada, adecuada para extender y terminar la mezcla con un mínimo de precompactación de acuerdo con los anchos y espesores especificados.

La pavimentadora estará equipada con un vibrador y un distribuidor de tornillo sinfín, de tipo reversible, capacitado para colocar la mezcla uniformemente por delante de los enrasadores. Poseerá un equipo de dirección adecuado y tendrá velocidades para retroceder y avanzar.

La pavimentadora tendrá dispositivos mecánicos compensadores para obtener una superficie pareja y formar los bordes de la capa sin uso de formas. Será ajustable para lograr la sección transversal especificada del espesor de diseño u ordenada por el Supervisor. Asimismo, deberá poseer sensores electrónicos para garantizar la homogeneidad de los espesores.

Si se determina que el equipo deja huellas en la superficie de la capa, áreas defectuosas u otras irregularidades objetables que no sean fácilmente corregibles durante la construcción, el Supervisor exigirá su inmediata reparación o cambio.

Cuando la mezcla se realice en planta portátil, la misma planta realizará su extensión sobre la superficie.

e. Equipo de compactación

Se deberán utilizar rodillos autopropulsados de cilindros metálicos, estáticos o vibratorios, triciclos o tándem y de neumáticos. El equipo de compactación será aprobado por el Supervisor, a la vista de los resultados obtenidos en la fase de experimentación. Para Vías de Primer orden los rodillos lisos se restringen a los denominados tipos tándem, no permitiéndose el uso de los que poseen dos llantas traseras neumáticas. Para otros tipos de vías se aconseja el uso de equipos tándem, mas no restringe exclusivamente a éste.

Los compactadores de rodillos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios dispondrán de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Además, deberán poseer controladores de vibración y de frecuencia independientes. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras y, en caso necesario, faldones de lona protectora contra el enfriamiento de los neumáticos.

Las presiones lineales estáticas o dinámicas, y las presiones de contacto de los diversos compactadores, serán las necesarias para conseguir la compactación adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, pero sin producir roturas del agregado ni arrollamiento de la mezcla a las temperaturas de compactación.

f. Equipo accesorio

Estará constituido por elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica. Así mismo, se requieren herramientas menores para efectuar correcciones localizadas durante la extensión de la mezcla.

Al término de obra se desmontarán las plantas de asfalto, dejando el área limpia y sin que signifique cambio alguno al paisaje o comprometa el medio ambiente.

REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

402.04 Mezcla de Agregados

Las características de calidad de la mezcla asfáltica, deberán estar de acuerdo con las exigencias según al tipo de mezcla que se produzca, de acuerdo al diseño del proyecto y lo indicado por el Supervisor.

Cuadro N° 3.20

Requisitos para Mezcla de Concreto Bituminoso

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall (MTC E 504)			
1. Estabilidad (mín.)	8 kN (815 Kg)	5,34 kN (544 Kg)	4,45 kN (453 Kg)
2. Flujo 0.25 mm	8 – 14	8 – 16	8 – 2
3. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3 – 5	3 - 5	3 - 5
4. Vacíos en el agregado mineral	Ver Cuadro N° 3.21		
5. Compactación, núm. de golpes en cada capa de testigo	75	50	50
Inmersión – Compresión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín.)	70	70	70
Resistencia Conservada en la Prueba de Tracción indirecta (min.) (MTC E 521)	70	70	70
Relación Polvo – Asfalto	0,6 – 1,3	0,6 – 1,3	0,6 – 1,3
Relación Est./flujo (2)	1700 – 2500		

(1) A la fecha (1999) se tienen tramos efectuados en el Perú que tienen el rango 2% a 4% (es deseable que tienda al menor) 2% con resultados satisfactorios en climas fríos por encima de 3 000 m.s.n.m. que se recomienda en estos casos.

(2) Para zonas de clima frío es deseable que la relación Est./flujo sea de la menor magnitud posible tendiéndose hacia el límite inferior.

Fuente: EG – 2000

El Índice de Compactabilidad mínimo será 5.

El Índice de Compactabilidad se define como:

$$\frac{1}{\text{GEB50} - \text{GEB5}}$$

Siendo:

GB50 y **GEB5**, las gravedades específicas bulk de las briquetas a 50 y 5 golpes.

Cuadro N° 3.21

Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA)

Tamiz	Vacíos mínimos en agregado mineral (%)	
	Marshall	Superpave
2,36 mm. (N° 8)	21	-
4,75 mm. (N° 4)	18	-
9,5 mm. (3/8")	16	15
12,5 mm. (1/2")	15	14
19 mm. (3/4")	14	13
25 mm. (1")	13	12
7,5 mm. (1 1/2")	12	11
50 mm. (2")	11.5	10.5

Fuente: EG – 2000

402.05 Fórmula de Obra

a. Gradación

La Gradación de la mezcla será la que se indica en el Proyecto, cumpliendo las especificaciones para mezcla asfáltica normal (MAC).

b. Aplicación de la fórmula de mezcla en obra y tolerancias

Todas las mezclas provistas deberán concordar con la fórmula de mezcla en obra, fijada por el Supervisor, dentro de las tolerancias establecidas.

Diariamente el Supervisor extraerá muestras para verificar la uniformidad requerida de dicho producto (en un mínimo de una para los inertes y dos para la mezcla).

c. Métodos de Comprobación

Cuando se compruebe la existencia de un cambio en el material o se deba cambiar el lugar de su procedencia, se deberá preparar una nueva fórmula para la mezcla en Obra, que será presentada y aprobada antes de que se entregue la mezcla que contenga el material nuevo.

d. Composición de la Mezcla de Agregados

La mezcla se compondrá en proporciones tales que se produzca una curva continua, aproximadamente paralela y centrada al huso granulométrico especificado y elegido.

La fórmula de la mezcla de obra con las tolerancias admisibles, producirá el huso granulométrico de control de obra, debiéndose producir una mezcla de agregados que no escape de dicho huso; cualquier variación deberá ser investigada y las causas serán corregidas.

Las mezclas con valores de estabilidad muy altos y valores de flujos muy bajos, no son adecuadas cuando las temperaturas de servicio fluctúan sobre valores bajos.

e. Tolerancias

Las tolerancias admitidas en las mezclas son absolutamente para la fórmula de trabajo, estarán dentro del huso de especificación y serán las siguientes:

Cuadro N° 3.22

Tolerancias admitidas en las mezclas asfálticas

Parámetros de Control	Variación permisible en % en peso total de áridos
N° 4 o mayor	± 5%
N°8	± 4%
N°30	± 3%
N°200	± 2%
Asfalto	± 0.3%

Fuente: EG – 2000

402.06 Limitaciones Climáticas

Las mezclas asfálticas en caliente se colocarán únicamente cuando la base a tratar se encuentre seca, la temperatura atmosférica a la sombra sea superior a 10 °C en ascenso y el tiempo no esté neblinoso ni lluvioso; además la base preparada debe estar en condiciones satisfactorias.

Para casos de pavimentos bituminosos ubicados en zonas con altitud mayor de 3 000 m.s.n.m. en que generalmente existen climas severos con alta pluviosidad y gradientes térmicas diarias altas, situación climática muy frecuente en el país, es preciso tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ✓ Se deberá proporcionar una mezcla rica en cemento asfáltico, de ser posible superior a 6%, sin embargo, ello dependerá de las condiciones propias de obra.
- ✓ El diseño de la mezcla deberá ser claramente indicado en el proyecto.
- ✓ Se recomienda el uso de cal hidratada, como material aglomerante, espesante de mezcla y mejorador de adhesividad.
- ✓ En caso de requerirse aditivos mejoradores de adhesividad del par agregado-bitumen será indicado en el Proyecto.

Estas recomendaciones prevalecerán sobre los usos, costumbre y criterios empleados rutinariamente para el proporcionamiento y diseño de mezclas asfálticas en caliente.

402.07 Preparación de la Superficie Existente

La mezcla no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los

planos, o definidas por el Supervisor. Todas las irregularidades que excedan de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deberán ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella.

Antes de aplicar la mezcla, se verificará que haya ocurrido el curado del riego previo, no debiendo quedar restos de fluidificante ni de agua en la superficie. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación del riego, se comprobará que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial; si ello ha sucedido, el Contratista deberá efectuar un riego adicional de adherencia, a su costa, en la cuantía que fije el Supervisor.

402.08 Elaboración de la Mezcla

Los agregados se suministrarán fraccionados. El número de fracciones deberá ser tal que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias exigidas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción será suficientemente homogénea y deberá poderse acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación.

Cada fracción del agregado se acopiará separada de las demás para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los ciento cincuenta milímetros (150 mm) inferiores de los mismos. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a un metro y medio (1,5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro, los agregados se acopiarán por separado, hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado.

La carga de las tolvas en frío se realizará de forma que éstas contengan entre el cincuenta por ciento (50%) y el cien por ciento (100%) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones.

Las aberturas de salida de las tolvas en frío se regularán en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de obra de la alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se regulará de acuerdo con la

producción prevista, no debiendo ser ni superior ni inferior, lo que permitirá mantener el nivel de llenado de las tolvas en caliente a la altura de calibración.

Los agregados preferentemente secos se calentarán antes de su mezcla con el asfalto. El secador se regulará de forma que la combustión sea completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Si el polvo recogido en los colectores cumple las condiciones exigidas al filler y su utilización está prevista, se podrá introducir en la mezcla; en caso contrario, deberá eliminarse. El tiro de aire en el secador se deberá regular de forma adecuada, para que la cantidad y la granulometría del filler recuperado sean uniformes. La dosificación del filler de recuperación y/o el de aporte se hará de manera independiente de los agregados y entre sí.

En las plantas que no sean del tipo tambor secador-mezclador, deberá comprobarse que la unidad clasificadora en caliente proporcione a las tolvas en caliente agregados homogéneos; en caso contrario, se tomarán las medidas necesarias para corregir la heterogeneidad. Las tolvas en caliente de las plantas continuas deberán mantenerse por encima de su nivel mínimo de calibración, sin rebosar.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente, y eventualmente el llenante mineral seco, se pesarán o medirán exactamente y se transportarán al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo.

Si la instalación de fabricación de la mezcla es de tipo continuo, se introducirá en el mezclador al mismo tiempo, la cantidad de asfalto requerida, a la temperatura apropiada, manteniendo la compuerta de salida a la altura que proporcione el tiempo teórico de mezcla especificado. La tolva de descarga se abrirá intermitentemente para evitar segregaciones en la caída de la mezcla al volquete.

Si la instalación es de tipo discontinuo, después de haber introducido en el mezclador los agregados y el llenante, se agregará automáticamente el material bituminoso calculado para cada bachada, el cual deberá encontrarse a la temperatura adecuada y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

En ningún caso se introducirá en el mezclador el agregado caliente a una temperatura superior en más de cinco grados Celsius (5° C) a la temperatura del asfalto.

El cemento asfáltico será calentado a una temperatura tal, que se obtenga una viscosidad comprendida entre 75 y 155 SSF (según Carta Viscosidad-Temperatura proporcionado por el fabricante) y verificada en laboratorio por la Supervisión.

En mezcladores de ejes gemelos, el volumen de materiales no será tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando éstas se encuentren en posición vertical, siendo recomendable que no superen los dos tercios ($2/3$) de su altura.

A la descarga del mezclador, todos los tamaños del agregado deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla y sus partículas total y homogéneamente cubiertas. La temperatura de la mezcla al salir del mezclador no excederá de la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

Se rechazarán todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma, o las que presenten indicios de humedad. En este último caso, se retirarán los agregados de las correspondientes tolvas en caliente. También se rechazarán aquellas mezclas en las que la envuelta no sea perfecta.

402.09 Transporte de la Mezcla

La mezcla se transportará a la obra en volquetes hasta una hora de día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Sólo se permitirá el trabajo en horas de la noche si, a juicio del Supervisor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y compactación de manera adecuada.

Durante el transporte de la mezcla deberán tomarse las precauciones necesarias para que al descargarla sobre la máquina pavimentadora, su temperatura no sea inferior a la mínima que se determine como aceptable durante la fase del tramo de prueba.

Al realizar estas labores, se debe tener mucho cuidado que no se manche la superficie por ningún tipo de material, si esto ocurriese se deberá de realizar las acciones correspondientes para la limpieza del mismo por parte y responsabilidad del contratista.

402.10 Extensión de la mezcla

La mezcla se extenderá con la máquina pavimentadora, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos o determinados por el Supervisor. A menos que se ordene otra cosa, la extensión comenzará a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. La mezcla se colocará en franjas del ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales, y para conseguir la mayor continuidad de las operaciones de extendido, teniendo en cuenta el ancho de la sección, las necesidades del tránsito, las características de la pavimentadora y la producción de la planta.

La colocación de la mezcla se realizará con la mayor continuidad posible, verificando que la pavimentadora deje la superficie a las cotas previstas con el objeto de no tener que corregir la capa extendida. En caso de trabajo intermitente, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora no baje de la especificada; de lo contrario, deberá ejecutarse una junta transversal. Tras la pavimentadora se deberá disponer un número suficiente de obreros especializados, agregando mezcla caliente y enrasándola, según se precise, con el fin de obtener una capa que, una vez compactada, se ajuste enteramente a las condiciones impuestas en esta especificación.

En los sitios en los que a juicio del Supervisor no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras, la mezcla podrá extenderse a mano. La mezcla se descargará fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y distribuirá en los lugares correspondientes por medio de palas y rastrillos calientes, en una capa uniforme y de espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a los planos o instrucciones del Supervisor, con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Al realizar estas labores, se debe tener mucho cuidado que no se manche la superficie por ningún tipo de material, si esto ocurriese se deberá de realizar las acciones correspondientes para la limpieza del mismo por parte y responsabilidad del contratista.

No se permitirá la extensión y compactación de la mezcla en momentos de lluvia, ni cuando haya fundado temor de que ella ocurra o cuando la temperatura ambiente a la sombra y la del pavimento sean inferiores a diez grados Celsius (10 °C).

402.11 Compactación de la mezcla

La compactación deberá comenzar una vez extendida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda soportar la carga a que se somete sin que se produzca agrietamientos o desplazamientos indebidos, según haya sido dispuesto durante la ejecución del tramo de prueba y dentro del rango establecido en la carta viscosidad - temperatura.

La compactación deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Supervisor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Los rodillos deberán llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Supervisor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada.

Se tendrá cuidado en el cilindrado para no desplazar los bordes de la mezcla extendida; aquellos que formarán los bordes exteriores del pavimento terminado, serán chaflanados ligeramente. La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo y se complementará con el trabajo manual necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar. Se cuidará que los elementos de compactación estén siempre limpios y, si es preciso, húmedos. No se permitirán, sin embargo, excesos de agua.

La compactación se continuará mientras la mezcla se encuentre en condiciones de ser compactada hasta alcanzar la densidad especificada y se concluirá con un apisonado final que borre las huellas dejadas por los compactadores precedentes.

402.12 Juntas de Trabajo

Las juntas presentarán la misma textura, densidad y acabado que el resto de la capa compactada.

Las juntas entre pavimentos nuevos y viejos, o entre trabajos realizados en días sucesivos, deberán cuidarse con el fin de asegurar su perfecta adherencia. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad, se les aplicará una capa uniforme y ligera de asfalto antes de colocar la mezcla nueva, dejándola curar suficientemente.

El borde de la capa extendida con anterioridad se cortará verticalmente con el objeto de dejar al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor,

que se pintará como se ha indicado en el párrafo anterior. La nueva mezcla se extenderá contra la junta y se compactará y alisará con elementos adecuados, antes de permitir el paso sobre ella del equipo de compactación.

Las juntas transversales en la capa de rodadura se compactarán transversalmente.

Cuando los bordes de las juntas longitudinales sean irregulares, presenten huecos o estén deficientemente compactados, deberán cortarse para dejar al descubierto una superficie lisa vertical en todo el espesor de la capa. Donde el Supervisor lo considere necesario, se añadirá mezcla que, después de colocada y compactada con pisones, se compactará mecánicamente.

Se procurará que las juntas de capas superpuestas guarden una separación mínima de cinco metros (5 m) en el caso de las transversales, y de quince centímetros (15 cm) en el caso de las longitudinales.

402.13 Apertura al Tránsito

Alcanzada la densidad exigida, el tramo pavimentado podrá abrirse al tránsito tan pronto la capa alcance la temperatura ambiente.

402.14 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, deberán ser corregidos por el Contratista, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Supervisor. El Contratista deberá proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

402.15 Aceptación de los Trabajos

a. Controles

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

- ✓ Verificar la implementación para cada fase de los trabajos.
- ✓ Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado por el Contratista.
- ✓ Verificar que las plantas de asfalto y de trituración estén provistas de filtros, captadores de polvo, sedimentadores de lodo y otros aditamentos que el

Supervisor considere adecuados y necesarios para impedir emanaciones de elementos particulados y gases que puedan afectar el entorno ambiental.

- ✓ Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad.
- ✓ Supervisar la correcta aplicación del método aceptado como resultado del tramo de prueba, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, transporte, colocación y compactación de la mezcla asfáltica.
- ✓ Ejecutar ensayos de control de mezcla, de densidad de las probetas de referencia, de densidad de la mezcla asfáltica compactada in situ, de extracción de asfalto y granulometría; así como control de las temperaturas de mezclado, descarga, extendido y compactación de la mezcla.
- ✓ Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y mezclas durante el período de ejecución de las obras.
- ✓ Efectuar pruebas para verificar la eficiencia de los productos mejoradores de adherencia, siempre que ellos se incorporen.
- ✓ Realizar las medidas necesarias para determinar espesores, levantar perfiles, medir la textura superficial y comprobar la uniformidad de la superficie, siempre que ello corresponda.

El Contratista rellenará inmediatamente con mezcla asfáltica, a su costo, todos los orificios realizados con el fin de medir densidades en el terreno y compactará el material de manera que su densidad cumpla con los requisitos indicados en la respectiva especificación.

b. Calidad del Cemento Asfáltico

El Supervisor efectuará las siguientes actividades de control:

- (1) Comprobar, mediante muestras representativas de cada entrega y por cada carro termotanque, la curva viscosidad - temperatura y el grado de penetración del asfalto. En todos los casos, guardará una muestra para eventuales ensayos ulteriores de contraste, cuando el Contratista o el proveedor manifiesten inconformidad con los resultados iniciales.
- (2) Efectuar los controles con la frecuencia que se indica o, antes siempre que se sospechen anomalías.

(3) Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de cemento asfáltico incorporado en las mezclas que haya aceptado a satisfacción.

c. Calidad de los Agregados Pétreos y el Polvo Mineral

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán seis (6) muestras y de cada fracción de ellas se determinarán:

- (1) Desgaste en la máquina de Los Ángeles, MTC E 207.
- (2) Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de sodio o de magnesio, MTC E 209.
- (3) Equivalente de arena, MTC E 114.
- (4) Plasticidad, MTC E 111.
- (5) Sales solubles Totales, MTC E 219
- (6) Adherencia entre el agregado y el bitumen, MTC E 220/MTC E 517.

Durante la etapa de producción, el Supervisor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado.

También, ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Si existe incorporación independiente de filler mineral, sobre él se efectuarán las siguientes determinaciones:

Granulometría y peso específico, una (1) prueba por suministro.

d. Composición de la Mezcla

(1) Contenido de Asfalto

Por cada jornada de trabajo se tomará un mínimo de dos (2) muestras y se considerará como lote, el tramo constituido por un total de cuando menos seis (6) muestras, las cuales corresponderán a un número entero de jornadas.

El porcentaje de asfalto residual promedio del tramo (ART %) tendrá una tolerancia de dos por mil (0.2%), respecto a lo establecido en la fórmula de trabajo (ARF %).

$$\text{ARF \%} - 0.2 \% < \text{ART \%} < \text{ARF \%} + 0.2 \%$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor medio del tramo (ART %) en más de cinco por mil (0.5%), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$\text{ART \%} - 0.5 \% < \text{ARI \%} < \text{ART \%} + 0.5 \%$$

Un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del tramo.

(2) Granulometría de los Agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados.

La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias permitidas.

e. Calidad de la Mezcla

(1) Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras se moldearán probetas (dos por muestra), para verificar en el laboratorio su resistencia en el ensayo Marshall (MTC E 504); paralelamente se determina la densidad media de las cuatro probetas moldeadas (De).

La estabilidad media de las cuatro (4) probetas (Em) deberá ser como mínimo el noventaicinco por ciento (95%) de la estabilidad de la mezcla de la fórmula de trabajo (Et).

$$E_m > 0.95 E_t.$$

Además, la estabilidad de cada probeta (Ei) deberá ser igual o superior al noventa por ciento (90%) del valor medio de estabilidad, admitiéndose:

$$E_i > 0.9 E_m$$

El incumplimiento de alguna de estas exigencias acarrea el rechazo del tramo representado por las muestras.

(2) Flujo

El flujo medio de las probetas sometidas al ensayo de estabilidad (F_m) deberá encontrarse entre el noventa por ciento (90%) y el ciento diez por ciento (110%) del valor obtenido en la mezcla aprobada como fórmula de trabajo (F_t), pero no se permitirá que su valor se encuentre por fuera de los límites establecidos.

$$0.90 F_t < F_m < 1.10 F_t$$

Si el flujo medio se encuentra dentro del rango establecido, pero no satisface la exigencia recién indicada en relación con el valor obtenido al determinar la fórmula de trabajo, el Supervisor decidirá, al compararlo con las estabilidades, si el tramo debe ser rechazado o aceptado.

f. Calidad del Producto Terminado

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Supervisor. La cota de cualquier punto de la mezcla densa compactada en capas de base o rodadura, no deberá variar en más de cinco milímetros (5 mm) de la proyectada. Además, el Supervisor en los tramos de reparaciones donde se coloque carpeta nueva en una longitud continua mayor a los 250 m, estará obligado a efectuar las siguientes verificaciones:

(1) Compactación

Las determinaciones de densidad de la capa compactada se realizarán en una proporción de cuando menos una (1) por cada doscientos cincuenta metros cuadrados (250 m²) y los tramos por aprobar se definirá sobre la base de un mínimo de seis (6) determinaciones de densidad.

La densidad media del tramo (D_m) deberá ser, cuando menos, el noventa y ocho por ciento (98%) de la media obtenida al compactar en el laboratorio con la técnica Marshall, las cuatro (4) probetas por jornada de trabajo (D_e).

$$D_m > 0.98 D_e$$

Además, la densidad de cada testigo individual (D_i) deberá ser mayor o igual al noventa y siete por ciento (97%) de la densidad media de los testigos del tramo (D_m).

$$D_i > 0.97 D_m$$

El incumplimiento de alguno de estos dos requisitos implica el rechazo del tramo por parte del Supervisor.

La toma de muestras testigo se hará de acuerdo con norma MTC E 509 y las densidades se determinarán por alguno de los métodos indicados en las normas MTC E 506, MTC E 508 Y MTC E 510.

(2) Espesor

Sobre la base de los tramos escogidos para el control de la compactación, el Supervisor determinará el espesor medio de la capa compactada (em), el cual no podrá ser inferior al de diseño (ed).

$$em > ed$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (ei), deberá ser, cuando menos, igual al noventa y cinco por ciento (95%) del espesor de diseño.

$$ei > 0.95 ed$$

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del tramo.

(3) Lisura

La superficie acabada no podrá presentar zonas de acumulación de agua, ni irregularidades mayores de cinco milímetros (5 mm) en capas de rodadura o diez milímetros (10 mm) en capas de base y bacheos, cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m) colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el Supervisor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente.

(4) Textura

En el caso de mezclas compactadas como capa de rodadura, el coeficiente de resistencia al deslizamiento (MTC E1004) luego del curado de la mezcla deberá ser, como mínimo, de cuarenta y cinco centésimas (0.45) en cada ensayo individual, debiendo efectuarse un mínimo de dos (2) pruebas por jornada de trabajo.

(5) Regularidad Superficial o Rugosidad

La regularidad superficial de la superficie de rodadura será medida y aprobada por el Supervisor, para lo cual, por cuenta y cargo del contratista, deberá determinarse la rugosidad en unidades IRI.

Para la determinación de la rugosidad podrán utilizarse métodos topográficos, rugosímetros, perfilómetros o cualquier otro método aprobado por el Supervisor. La medición de la rugosidad sobre la superficie de rodadura terminada, deberá efectuarse en toda su longitud y debe involucrar ambas huellas por tramos de 4.5 km, en los cuales las obras estén concluidas, registrando mediciones parciales por 0.9 para cada kilómetro. La rugosidad al momento de recepcionar la obra tendrá un valor máximo de 2.5 m/km en términos IRI. En el evento de no satisfacer este requerimiento, deberá revisarse los equipos y procedimientos de esparcido y compactado, a fin de tomar las medidas correctivas que conduzcan a un mejoramiento del acabado de la superficie de rodadura.

(6) Medición de Deflexiones sobre la Carpeta Asfáltica Terminada

Se efectuarán mediciones de deflexión en los dos carriles, en ambos sentidos cada 50 m y en forma alternada. Se analizará la deformada o la curvatura de la deflexión obtenida de por lo menos tres valores por punto y se obtendrán indirectamente los módulos de elasticidad de la capa asfáltica. Además, la deflexión característica obtenida por sectores homogéneos se comparará con la deflexión admisible para el número de repeticiones de ejes equivalentes de diseño.

Para efecto de la medición de deflexiones podrá emplearse la viga Benkelman o el FWD; los puntos de medición estarán referenciados con el estacado del proyecto, de tal manera que exista una coincidencia con relación a las mediciones que se hayan efectuado a nivel de subrasante.

Se requiere un estricto control de calidad tanto de los materiales como de la fabricación de la mezcla asfáltica, de los equipos para su extensión y compactación, y en general de todos los elementos involucrados en la puesta en obra de la mezcla asfáltica. De dicho control forma parte la medición de las deflexiones y el subsecuente cálculo de los módulos elásticos de las capas. La medición de deflexiones sobre la carpeta asfáltica terminada tiene como finalidad la evaluación, diagnóstico y complementación de los diferentes controles que deben realizarse a la carpeta asfáltica, asimismo, determinar las deflexiones características por sectores homogéneos, cuyos resultados, según lo previsto en el diseño, deberán teóricamente ser menores a la deflexión admisible en los próximos 5 años.

La medición de deflexiones sobre la carpeta asfáltica terminada, se efectuará al finalizar la obra como control final de calidad del pavimento terminado y para efectos de recepción de la obra.

MEDICIÓN

402.16 Esta partida se medirá por metro cúbico (m³) de mezcla asfáltica debidamente colocada y compactada en obra a satisfacción del Supervisor.

Para determinar la cantidad de asfalto por pagar, se calculará el peso de la mezcla asfaltada en su posición final, mediante el producto del volumen aprobado por su densidad media en obra y aplicando a este valor el porcentaje de asfalto promedio que resulte de los ensayos de extracción sobre muestras representativas del volumen de mezcla aceptada en cada jornada de ejecución.

PAGO

402.17 El volumen de carpeta asfáltica ejecutado será pagado al precio de contrato de la partida 402 Carpeta asfáltica en caliente.

El precio unitario deberá incluir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; obtención de licencias ambientales para la explotación de los agregados y la elaboración de las mezclas; las instalaciones provisionales, los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos relacionados con la explotación, selección, trituración, lavado, suministro de los materiales pétreos, desperdicios, elaboración de las mezclas, cargas, transporte interno y descargas de agregados y mezclas; así como el transporte al punto de aplicación, la colocación, nivelación y compactación de las mezclas elaboradas.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos de la definición de la fórmula de trabajo, y todo costo relacionado con la correcta ejecución de cada trabajo.

Se excluyen del precio unitario el suministro del producto asfáltico para la mezcla, el cual se pagará de acuerdo con la especificación respectiva. En caso de requerirse filler como aglomerante de mezcla y mejorador de adherencia, también estará excluido del precio unitario de la mezcla.

El asfalto sólido necesario para la ejecución de esta partida se medirá y pagará mediante la partida 403 Cemento Asfáltico. El filler (cal hidratada) necesario para la ejecución de esta partida se medirá y pagará mediante la partida 405 Filler

Mineral. El aditivo mejorador de adherencias necesario para la ejecución de esta partida se medirá y pagará mediante la partida 406 Aditivo Mejorador de Adherencia.

El transporte de la mezcla asfáltica se medirá y pagará con las partidas 703 Transporte de Mezcla asfáltica para $d \leq 1$ km y 704 Transporte de Mezcla asfáltica para $d > 1$ km.

Para determinar la cantidad de asfalto por pagar, se calculará el peso de la mezcla asfaltada en su posición final, mediante el producto del volumen aprobado por su densidad media en obra y aplicando a este valor el porcentaje de asfalto promedio que resulte de los ensayos de extracción sobre muestras representativas del volumen de mezcla aceptada en cada jornada de ejecución.

ÍTEM DE PAGO	UNIDAD DE PAGO
402 Carpeta Asfáltica en Caliente	Metro cúbico (M3)

Cuadro N° 3.23

Ensayos y Frecuencias

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo	Frecuencia	Lugar de muestreo
Agregado	Granulometría	MTC E 204	200 m³	Tolva en frío
	Plasticidad	MTC E 110	200 m³	Tolva en frío
	Partículas Fracturadas	MTC E 210	500 m³	Tolva en frío
	Equivalente arena	MTC E 114	1000 m³	Tolva en frío
	Índices de aplanamiento y alargamiento agregado Grueso		500 m³	Tolva en frío
	Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	1000 m³	Tolva en frío
	Angularidad del agregado fino	MTC 222	1000 m³	Tolva en frío
	Perdida en sulfato de sodio	MTC E 209	1000 m³	Tolva en frío
Mezcla Asfáltica	Contenido de Asfalto	MTC E 502	2 por día	Pista/planta
	Granulometría		2 por día	Pista/planta
	Ensayo Marshall	MTC E 504	2 por día	Pista/planta
	Temperatura		Cada volquete	Pista/planta
	Densidad	MTC E 506 MTC E 508 MTC E 510	1 cada 250 m²	Pista compactada
	Espesor	MTC E 507	Cada 250 m²	Pista compactada
	Resistencia al deslizamiento	MTC E 1004	1 por día	Pista compactada
Cemento Asfáltico	Según 402.15 (b)		\sqrt{n} (*)	Tanques Térmicos al llegar a obra

Fuente: EG – 2000

(*) n representa el número de tancadas de 30,000 lt de cemento asfáltico requeridos en la obra.

403. CEMENTO ASFALTICO

DESCRIPCIÓN

403.01 Generalidades

403.01 Esta especificación se refiere al suministro de cemento asfáltico en el sitio de colocación de mezclas asfálticas en caliente, riegos de liga, tratamientos superficiales y sello arena-asfalto en el que se utilice este material.

MATERIALES

403.02 El material por suministrar será cemento asfáltico clasificado por viscosidad o por grado de penetración de acuerdo con las características del proyecto y que cumpla los requisitos de calidad establecidos en la **Subsección 402.02 (e)** de la **Sección 402**.

Los materiales por suministrar generan emisiones debido al proceso de calentamiento, por lo que se recomienda ubicar los tanques que contienen dichos elementos en zonas alejadas de centros urbanos o asentamientos humanos con el propósito de que dichas emisiones no afecten la salud de las personas. En caso de que los materiales sean vertidos accidentalmente, deberán recogerse incluyendo el suelo contaminado y colocarlos en las áreas de disposición de desechos que hayan sido autorizados por la autoridad correspondiente o donde el Supervisor estime conveniente.

EQUIPO

403.03 Todos los equipos empleados deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del Supervisor teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de las exigencias de calidad de la presente especificación y de la correspondiente a la respectiva partida de trabajo.

(a) Vehículos de transporte

El transporte del cemento asfáltico desde la planta de producción a la planta mezcladora, deberá efectuarse en caliente y a granel, en carros termotanques con adecuados sistemas de calefacción y termómetros ubicados en sitios visibles.

Deberán estar dotados, además, de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento.

Antes de cargar los termotanques se debe examinar el contenido y remover todo el remanente de transportes anteriores que puedan contaminar el material. Las válvulas de abastecimiento deben llevar un precinto de seguridad del proveedor.

(b) Depósitos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera el cemento asfáltico, antes de su uso, se realizará en tanques con dispositivos de calentamiento que permitan mantener la temperatura necesaria del asfalto para su mezcla con los agregados. Los tanques de almacenamiento deben ser destinados para un determinado tipo de producto asfáltico, que debe estar identificado con una inscripción en el tanque que así lo indique.

(c) Protección al personal

Es necesario dotar con elementos de seguridad al personal de obra tales como tapabocas, cascos, guantes, y otros que se crean pertinentes, a fin de evitar sean afectados por la emisión de gases tóxicos así como por las probables quemaduras que pueda ocurrir al realizar estas actividades.

(d) Elementos de seguridad

Se debe disponer para el personal de obra un botiquín, y un extintor de manera tal que pueda ser accesible y utilizado de manera fácil. Por otro lado, el contratista debe proteger los cruces con cuerpo de agua y colocar barreras que impidan la contaminación del drenaje natural.

REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

403.04 El Contratista suministrará el cemento asfáltico cumpliendo las disposiciones legales al respecto, en especial las referentes a las dimensiones y pesos de los vehículos de transporte y al control de la contaminación ambiental.

El empleo del cemento asfáltico en la elaboración de mezclas asfálticas se hará conforme lo establece la Sección correspondiente a la partida de trabajo de la cual formará parte.

403.05 Aceptación de los Trabajos

(a) Controles

El Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- ✓ Exigir un certificado de calidad del producto, así como la garantía del fabricante de que el producto cumple las condiciones especificadas en la Sub sección 400.02 (b) de la sección 400 de las normas EG-2000.
- ✓ Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento.
- ✓ Verificar que durante el vaciado de los termotanques no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto y la seguridad de las personas.
- ✓ Verificar que el calentamiento del asfalto, antes de su mezcla con los agregados pétreos, impida la oxidación prematura del producto y se ajuste a las exigencias del ítem en ejecución.
- ✓ Tomar cada vez que lo estime conveniente, las pruebas respectivas.

MEDICIÓN

403.06 La unidad de medida del cemento asfáltico será el kilogramo (kg) incorporado en la mezcla en caliente, debidamente aceptada por el Supervisor. La misma unidad se adoptará para el caso de riegos de liga y tratamientos superficiales de utilizarse este material.

PAGO

403.07 El pago se hará al precio unitario del contrato, por el cemento asfáltico efectivamente incorporado en las mezclas en caliente en su posición final, riegos de liga y tratamientos superficiales recibidos a satisfacción por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro del asfalto en obra, manejo, almacenamiento, calentamiento y transportes entre la planta de producción del asfalto y el sitio de colocación final. Además, deberá cubrir los costos por concepto de desperdicios y, en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

ÍTEM DE PAGO	UNIDAD DE PAGO
403 Cemento Asfaltico	Galones (GAL)

404. ASFALTO DILUIDO MC - 30

DESCRIPCIÓN

404.01 Generalidades

Esta especificación se refiere al suministro de un asfalto diluido en el sitio de aplicación de riegos de imprimación asfáltica.

MATERIALES

404.02 Material Bituminoso

El material por suministrar será un asfalto diluido de curado medio o rápido, cuyo tipo y característica dependerán del trabajo en el cual vaya a ser aplicado.

Estos asfaltos pueden ser de curado medio (MC) o curado rápido (RC).

Los asfaltos de curado medio responderán a los requisitos de calidad que se indicaron en el Cuadro N° 3.10 de la **Subsección 401.02** de la **sección 401**.

EQUIPO

404.03 Se deberán considerar los mismos requerimientos que se indican en la **Sub sección 402.03** de la **sección 402**.

REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

404.04 El Contratista suministrará el asfalto diluido cumpliendo las disposiciones legales al respecto, en especial las referentes a dimensiones y pesos de los vehículos de transporte y al control de la contaminación ambiental.

El empleo de asfalto diluido se hará conforme lo establece la sección correspondiente a la partida de trabajo de la cual formará parte.

El asfalto diluido deberá ser aplicado tal como salió de la planta del proveedor, sin efectuar ninguna adición de solvente o material que altere sus características de calidad.

404.05 Aceptación de los Trabajos

(a) Controles

El Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- ✓ Exigir un certificado de calidad del producto, así como la garantía del fabricante de que el producto cumple las condiciones de calidad especificadas en el Cuadro N° 3.10 de la Subsección 401.02 de la sección 401.

- ✓ Verificar el estado de funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento.
- ✓ Verificar que durante el vaciado de los termotanques no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto y la seguridad de las personas.
- ✓ Tomar cada vez que lo estime conveniente, las pruebas respectivas.

(b) Condiciones específicas para el recibo y tolerancia

Al respecto, el Supervisor efectuará además las siguientes verificaciones:

- ✓ Determinar la cantidad de asfalto diluido incorporado en riegos de imprimación y tratamientos superficiales.

MEDICIÓN

404.06 La unidad de medición del asfalto diluido, según el tipo utilizado, será el litro (lt), completo de asfalto diluido incorporado en los riegos de imprimación y tratamientos superficiales ejecutados a satisfacción del Supervisor.

El volumen utilizado se calculará considerando la tasa de aplicación promedio de cada jornada, aplicada al área cubierta de estas especificaciones.

PAGO

404.07 El pago se hará al precio unitario de contrato, por el asfalto diluido efectivamente aplicado recibido a satisfacción por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro del asfalto diluido en obra, manejo, almacenamiento y transportes entre la planta de fabricación del asfalto diluido y el sitio de colocación final. Además deberá cubrir los costos por concepto de desperdicios y en general todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

ÍTEM DE PAGO	UNIDAD DE PAGO
404 Asfalto Diluido MC - 30	Litros (Lt)

405. FILLER

DESCRIPCIÓN

405.01 Generalidades

Esta especificación está referida a la utilización de un relleno mineral en las mezclas asfálticas preparadas y distribuidas en caliente.

MATERIALES

405.02 El relleno mineral que sea necesario emplear como relleno de vacíos, espesante de la mezcla asfáltica o como mejorador de adherencia será de preferencia la cal hidratada que deberá cumplir los requisitos que se especifican en la norma AASHTO – M - 303.

Con mayor precaución y con la aprobación del Supervisor sujeto a pruebas y ensayos de la mezcla podrá utilizarse cemento hidráulico tipo I o polvo calcáreo procedente de trituración de rocas. En este caso, se deberá cumplir la siguiente granulometría indicada en el **cuadro N° 3.18** de la **Subsección 402.02** de la **sección 402**.

EQUIPO

405.03 Se deberá cumplir:

(a) Empaque

Para su traslado al sitio de las obras, el filler mineral podrá empacarse en bolsas o a granel.

(b) Vehículos de Transporte

Si el suministro se hace en bolsas, el transporte podrá efectuarse en cualquier camión convencional. El vehículo deberá disponer de lonas o cobertores adecuados, debidamente asegurados a su carrocería, que protejan al aditivo durante su transporte.

Si el suministro se realiza a granel, deberán emplearse camiones adecuados para tal fin, dotados de dispositivos mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento.

En todos los casos, los vehículos deberán cumplir las disposiciones legales vigentes en relación con pesos, dimensiones y control de contaminación ambiental.

(c) Depósitos de almacenamiento

El depósito para el filler mineral suministrado en bolsas deberá ser ventilado y cubierto y disponer de los elementos que aseguren la protección del producto contra los agentes atmosféricos, particularmente la humedad proveniente tanto del suelo como de las paredes del almacén.

Los silos de almacenamiento de filler suministrados a granel deberán estar completamente aislados contra la humedad y dispondrán de sistemas apropiados para su rápido llenado y vaciado.

REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

405.04 La incorporación del filler mineral a las mezclas asfálticas en caliente se hará en la proporción definida en el diseño de éstos.

El abastecimiento se hará en la misma planta de asfalto utilizando tolvas especiales para el material y sistemas que impidan la pérdida. La dosificación debe ser uniforme y constante durante todo el proceso de elaboración de la mezcla.

405.05 Aceptación de los Trabajos

(a) Controles

El Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- ✓ Llevar un registro detallado del período de almacenamiento de cada lote, impidiendo el empleo de cualquier material con posterioridad a su fecha de vencimiento.
- ✓ Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte, almacenamiento y abastecimiento a la planta.
- ✓ Verificar que durante el manejo del filler mineral no se efectúen manipulaciones y traslados que puedan afectar su calidad.
- ✓ Comprobar la correcta incorporación del filler mineral en la mezcla.
- ✓ Tomar, cada vez que lo estime conveniente, muestras del producto para la ejecución eventual de pruebas de control.

(b) Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El Supervisor deberá comprobar que con la cantidad de filler mineral efectivamente incorporado en la mezcla se obtiene la cohesividad y comportamiento de la mezcla.

MEDICIÓN

405.06 La unidad de medición será el kilogramo. La determinación del metrado en Obra será mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Frm} = \frac{\text{Wasfx Vasfx Prm}}{100} (\%)$$

Donde:

- Frm** : Peso del Relleno Mineral a pagar (Kg).
Wasf : Peso Unitario de la Mezcla Asfáltica (Kg/cm³) en plataforma.
Vasf : Volumen (m³ a valorizar en el mes) de Carpeta Asfáltica y/o Base Asfáltica en su posición final de colocación.
Prm : Porcentaje en peso del relleno mineral por m³ de Mezcla Asfáltica, establecido en la fórmula de trabajo.

Los valores Wasf, Vasf y Prm se determinan por el promedio del mes en concordancia con los ensayos diarios de laboratorio, los cuales no excederán por ningún concepto lo estipulado en las fórmulas de diseño aprobadas por la Supervisión.

PAGO

405.07 El peso determinado en la forma descrita anteriormente, se pagará por kilogramo (Kg), con el precio unitario del contrato. Este precio será compensación total por la adquisición, carguío, transporte a obra, descarga, acopio, almacenaje y desperdicio del material.

ÍTEM DE PAGO	UNIDAD DE PAGO
405 Filler	Kilogramos (KG)

406. ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA

DESCRIPCIÓN

406.01 Generalidades

424.01 Esta especificación se refiere al suministro de mejoradores de adherencia en el sitio de colocación de tratamientos o mezclas asfálticas, elaboradas de conformidad con lo establecido en las Secciones correspondientes de estas especificaciones, a plena satisfacción del Supervisor.

MATERIALES

406.02 Para el mejoramiento de la adherencia entre los productos bituminosos y los agregados pétreos se podrán emplear:

- ✓ Aditivos producidos comercialmente, líquidos estables ante el incremento de temperatura.
- ✓ Cemento tipo Portland (AASHTO M85) o cenizas (fly ash) (AASHTO M 295)
- ✓ Cal (AASHTO M 216).

El mejorador seleccionado, previamente en el Expediente Técnico, deberá garantizar el grado de afinidad requerido entre el par asfalto-agregado, según el tratamiento o mezcla que se irá a ejecutar. En el caso de los aditivos líquidos el Contratista deberá adjuntar la documentación sobre la efectividad del producto ofrecido, bien sea en trabajos de campo o experiencias de laboratorio.

Debe entenderse que en la selección de los mejoradores de adherencia, primarán los factores inherentes en cada uno de los diseños de mezclas asfálticas, es decir, el par asfalto-agregado deberá cumplir los requerimientos respectivos en cada especificación.

EQUIPO

406.03 Se deberá cumplir:

(a) Empaque

Para su traslado al sitio de las obras, el aditivo podrá empacarse en bolsas o bidones. Las bolsas sólo podrán emplearse cuando el aditivo sea sólido.

(b) Vehículos de transporte

Si el suministro se hace en bolsas o bidones, el transporte podrá efectuarse en cualquier camión convencional. El vehículo deberá disponer de lonas o cobertores adecuados, debidamente asegurados a su carrocería, que protejan al aditivo durante su transporte.

En todos los casos, los vehículos deberán cumplir las disposiciones legales vigentes en relación con pesos, dimensiones y control de contaminación ambiental.

(c) Depósitos de almacenamiento

El depósito de los aditivos suministrados en bolsas o bidones deberá ser ventilado y cubierto y disponer de los elementos que aseguren la protección del producto contra los agentes atmosféricos, particularmente la humedad proveniente tanto del suelo como de las paredes del almacén.

REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

406.04 La incorporación de los mejoradores de adherencia en los tratamientos y mezclas se hará en la proporción definida en el diseño de éstos.

La adición de cemento, ceniza (fly ash) o cal deberá realizarse previamente en un mezclador de suelo, agregando el porcentaje de diseño a uno de los agregados de la mezcla asfáltica, preferiblemente el más fino. El porcentaje será comprobado mediante ensayos granulométricos antes y después del mezclador.

Para garantizar la homogeneidad durante construcción de los aditivos mejoradores de adherencia, se deberán usar tanques verticales con agitadores mecánicos, en los cuales se almacenará la mezcla bitumen-aditivo en las proporciones definidas en la fórmula de trabajo.

Aceptación de los Trabajos

(a) Controles

El Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- ✓ Llevar un registro detallado del período de almacenamiento de cada lote, impidiendo el empleo de cualquier aditivo con posterioridad a su fecha de vencimiento.
- ✓ Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento.
- ✓ Verificar que durante el manejo del aditivo no se efectúen operaciones que puedan afectar su calidad.
- ✓ Comprobar la correcta incorporación del aditivo en el tratamiento o mezcla.
- ✓ Tomar, cada vez que lo estime conveniente, muestras del producto para la ejecución eventual de pruebas de control.

(b) Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El Supervisor deberá comprobar que con la cantidad de aditivo efectivamente incorporada en el tratamiento o mezcla se obtiene la adhesividad exigida y no se admitirá al respecto ninguna tolerancia.

MEDICIÓN

406.05 La unidad de medición será el kilogramo (kg) de aditivo mejorador de adherencia que se deba incorporar en los tratamientos o mezclas que lo requieran, para garantizar el cumplimiento de las exigencias de adhesividad de la respectiva especificación.

PAGO

406.06 El peso determinado en la forma descrita anteriormente, se pagará por kilogramo (Kg), con el precio unitario del contrato. Este precio será compensación total por la adquisición, carguío, transporte a obra, descarga, acopio, almacenaje y desperdicio del material.

ÍTEM DE PAGO	UNIDAD DE PAGO
406 Aditivo Mejorador de Adherencia	Kilogramos (KG)

SECCIÓN: 700. TRANSPORTES

DESCRIPCIÓN

700.01 Bajo estas partidas se considera el material en general que requieren ser transportados de un lugar a otro de la obra.

700.02 El transporte se clasifica según el material transportado, que puede ser:

- (a) Proveniente de cantera para la reconformación bases granulares.
- (b) Mezcla asfáltica proveniente de la planta de asfalto.
- (c) Proveniente de excedentes de corte a depósitos de deshechos.
- (d) Escombros a ser depositados en los lugares de depósitos de deshechos.
- (e) Proveniente de excavaciones para estructuras y otros.

El transporte interno, es aquel que se realiza desde la zona de extracción y apilamiento a la zona de proceso (zarandeo y/o chancado). En el caso que el

procesamiento esté dentro del área de explotación de la cantera, no se reconocerá pago alguno por el transporte interno, pues está siendo reconocido dentro del precio unitario de la partida del material procesado.

El criterio general para las partidas de transporte, es que el esponjamiento del material a transportar está incluido en los precios unitarios y el carguío está considerado en la partida Transporte hasta 1 km.

MATERIALES

700.03 Los materiales a transportarse son:

(a) Material de Cantera

Forma parte de este grupo todos los materiales granulares naturales, procesados o mezclados que son destinados a formar terraplenes, capas granulares de estructuras de pavimentos, tratamientos superficiales y sellos de arena-asfalto.

Se excluyen los materiales para concretos hidráulicos, rellenos estructurales, solados, filtros para subdrenes y todo aquel que esté incluido en los precios de sus respectivas partidas.

(b) Material Excedente

Este material corresponde a los escombros de remoción de plataforma, demolición de estructuras, y limpieza de alcantarillas. Estos materiales deben ser trasladados y dispuestos en los Depósitos de Deshecho indicados en el Proyecto o autorizados por el Supervisor.

Los materiales transportados, de ser necesarios, deberán ser humedecidos adecuadamente (sea piedras o tierra, arena, etc.) y cubiertos para evitar la dispersión de la misma.

La cobertura deberá ser de un material resistente para evitar que se rompa o se rasgue y estar sujeta a las paredes exteriores del contenedor o tolva, en forma tal que caiga sobre el mismo por lo menos 30 cm a partir del borde superior del contenedor o tolva.

(c) Roca

Forma parte de este grupo, la roca proveniente de cantera requerida para el enrocado a que hace referencia la Sección 638 Enrocado, de las presentes especificaciones.

(d) Mezcla Asfáltica

Transporte de la mezcla asfáltica desde la planta de asfalto hasta la zona donde se conformará la carpeta asfáltica.

EQUIPO

700.04 Los vehículos para el transporte de materiales estarán sujetos a la aprobación del Supervisor y deberán ser suficientes para garantizar el cumplimiento de las exigencias de esta especificación y del programa de trabajo. Deberán estar provistos de los elementos necesarios para evitar contaminación o cualquier alteración perjudicial del material transportado y su caída sobre las vías empleadas para el transporte.

Todos los vehículos para el transporte de materiales deberán cumplir con las disposiciones legales referentes al control de la contaminación ambiental.

Ningún vehículo de los utilizados por el Contratista podrá exceder las dimensiones y las cargas admisibles por eje y totales fijadas en el Reglamento de Pesos y Dimensión Vehicular para Circulación en la Red Vial Nacional (D.S. 013-98-MTC).

Cada vehículo deberá, mediante un letrero visible, indicar su capacidad máxima, la cual no deberá sobrepasarse.

Los vehículos encargados del transporte deberán en lo posible evitar circular por zonas urbanas. Además, debe reglamentarse su velocidad, a fin de disminuir las emisiones de polvo al transitar por vías no pavimentadas y disminuir igualmente los riesgos de accidentalidad y de atropellamiento.

Todos los vehículos, necesariamente tendrán que humedecer su carga (sea piedras o tierra, arena, etc.) y demás, cubrir la carga transportada para evitar la dispersión de la misma. La cobertura deberá ser de un material resistente para evitar que se rompa o se rasgue y deberá estar sujeta a las paredes exteriores del contenedor o tolva, en forma tal que caiga sobre el mismo por lo menos 30 cm a partir del borde superior del contenedor o tolva.

Todos los vehículos deberán tener incorporado a su carrocería, los contenedores o tolvas apropiados, a fin de que la carga depositada en ellos quede contenida en su totalidad en forma tal que se evite el derrame, pérdida del material húmedo durante el transporte. Esta tolva deberá estar constituida por una estructura continua que en su contorno no contenga roturas, perforaciones, ranuras o espacios, así también, deben estar en buen estado de mantenimiento.

El equipo de construcción y maquinaria pesada deberá operarse de tal manera que cause el mínimo deterioro a los suelos, vegetación y cursos de agua. De otro lado, cada vehículo deberá, mediante un letrero visible, indicar su capacidad máxima, la cual no deberá sobrepasarse.

El mantenimiento de los vehículos debe considerar la perfecta combustión de los motores, el ajuste de los componentes mecánicos, balanceo, y calibración de llantas.

El lavado de los vehículos deberá efectuarse de ser posible, lejos de las zonas urbanas y de los cursos de agua.

Los equipos pesados para la carga y descarga deberán tener alarmas acústicas y ópticas, para operaciones en reverso en las cabinas de operación, no deberán viajar ni permanecer personas diferentes al operador.

Se prohíbe la permanencia de personal en la parte inferior de las cargas suspendidas.

REQUERIMIENTOS DE TRABAJO

700.05 La actividad de la presente especificación implica solamente el transporte de los materiales a los sitios de utilización o desecho, según corresponda, de acuerdo con el proyecto y las indicaciones del Supervisor, quien determinará cuál es el recorrido más corto y seguro para efectos de medida del trabajo realizado.

700.06 Aceptación de los trabajos

Los trabajos serán recibidos con la aprobación del Supervisor considerando:

(a) Controles

- ✓ Verificar el estado y funcionamiento de los vehículos de transporte.
- ✓ Comprobar que las ruedas del equipo de transporte que circule sobre las diferentes capas de pavimento se mantengan limpias.
- ✓ Exigir al Contratista la limpieza de la superficie en caso de contaminación atribuible a la circulación de los vehículos empleados para el transporte de los materiales. Si la limpieza no fuere suficiente, el Contratista deberá remover la capa correspondiente y reconstruirla de acuerdo con la respectiva especificación, a su costo.
- ✓ Determinar la ruta para el transporte al sitio de utilización o desecho de los materiales, siguiendo el recorrido más corto y seguro posible.

(b) Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El Supervisor sólo medirá el transporte de materiales autorizados de acuerdo con esta especificación, los planos del proyecto y sus instrucciones. Si el Contratista utiliza para el transporte una ruta diferente y más larga que la aprobada por el Supervisor, éste solamente computará la distancia más corta que se haya definido previamente.

MEDICIÓN

700.07 Las unidades de medida para el transporte de mezcla asfáltica y de materiales granulares, serán las siguientes:

La unidad de pago de esta partida será el metro cúbico - kilómetro (m³ - km) trasladado, o sea, el volumen en su posición final de colocación, por la distancia real de transporte. El contratista debe considerar en los precios unitarios de su oferta los esponjamientos y las contracciones de los materiales, diferenciando los volúmenes correspondientes a distancias menores a 1 km y distancias mayores a 1 km.

A continuación se precisa los métodos de cómputo según el origen del material a transportar:

(a) Material de Cantera

Se considera el transporte del material desde el centro de gravedad de la cantera hasta el centro de gravedad correspondiente a su posición final compactado, descontando la distancia libre de transporte (120 m).

$$T = V_{i-j} \times (c + d)$$

Donde:

T : Transporte a pagar (m³ -km)

V_{i-j} : Volumen de capa de base en su posición final de colocación entre progresivas i - j. (m³).

c : Distancia desde el centro de gravedad de la cantera a la carretera (km)

d : Distancia entre la salida de la cantera hasta el centro de gravedad entre progresivas i - j (km)

(b) Material excedente

Se pagará el transporte desde el centro de gravedad del corte (determinado en el campo y aprobado por la Supervisión), desde el kilómetro entre las

Progresivas i - j descontando los volúmenes propios (compensados dentro de los 120 m) y la distancia de acarreo libre (120 m), hasta el centro de gravedad correspondiente de la disposición final del material que pueden ser terraplenes o depósitos de desechos, aprobado por la Supervisión.

$$T = V_{i-j} \times (c + d)$$

Donde:

T : Transporte a pagar (m³ -km)

V_{i - j} : Volumen de material excedente a eliminar en su posición inicial, entre progresivas i - j. (m³) descontando los volúmenes propios.

c : Distancia desde el centro de gravedad del depósito de materiales excedentes a la carretera (km)

d : Distancia entre la salida del depósito de materiales excedentes hasta el centro de gravedad entre progresivas i - j (km)

(c) Roca

Se aplica el mismo criterio que el especificado para material granular.

(d) Mezcla Asfáltica

Se considera el transporte de mezcla asfáltica desde el centro de gravedad de la Planta de Asfalto hasta el centro de gravedad correspondiente a su posición final compactado, descontando la distancia libre de transporte (120 m).

Se aplica el mismo criterio que el especificado en la Subsección 700.07 (a).

PAGO

700.08 El pago de las cantidades de transporte de materiales determinados en la forma indicada anteriormente, se hará al precio unitario pactado en el contrato, por unidad de medida, conforme a lo establecido en esta Sección y a las instrucciones del Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de mano de obra, equipo, herramientas, acarreo, carga, descarga, tiempos muertos, y en general, todo costo relacionado para ejecutar correctamente los trabajos aquí contemplados.

El criterio general para las partidas de transporte, es que el esponjamiento del material a transportar está incluido en los precios unitarios y el carguío está considerado en las partidas de transporte menor a 1 km.

ÍTEM DE PAGO	UNIDAD DE PAGO
701 Transporte de Material a Obra $D \leq 1$ Km	Metro cúbico - kilómetro (M3-KM)
702 Transporte de Material a Obra $D > 1$ Km	Metro cúbico - kilómetro (M3-KM)
703 Transporte de Mezcla Asfáltica $D \leq 1$ Km	Metro cúbico - kilómetro (M3-KM)
704 Transporte de Mezcla Asfáltica $D > 1$ Km	Metro cúbico - kilómetro (M3-KM)
705 Eliminación de Material Excedente $D \leq 1$ Km	Metro cúbico - kilómetro (M3-KM)
706 Eliminación de Material Excedente $D > 1$ Km	Metro cúbico - kilómetro (M3-KM)

CONCLUSIONES

1. En el empleo de metodologías de Diseño de espesores de Pavimentos, la metodología del Instituto Norteamericano del Asfalto devuelve valores mayores a los obtenidos al emplear la metodología AASHTO, lo cual se indica en el capítulo II en el ítem diseño de pavimentos.
2. La metodología AASHTO involucra mayor cantidad de variables relacionadas o planteadas en base a experiencias anteriores a diferencia de la metodología del Instituto Norteamericano del Asfalto que solo se fundamenta en la temperatura del medio ambiente, la capacidad de soporte del suelo y en número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 toneladas.
3. Con la determinación de espesores del pavimento diseñado por el método del Instituto Norteamericano del Asfalto, se obtuvo un aporte estructural de la estructura del pavimento mayor al determinado por la metodología AASHTO, lo cual puede deberse a los mayores espesores obtenidos, con lo cual la relación de espesores de las capas del pavimento está directamente relacionada con el aporte estructural, ya que se incrementaron ambos directamente proporcionales.
4. Son pocos o no existe una base de datos estadísticos o censales bien estructurados del comportamiento de las vías terrestre del país, esto se determinó debido a que en la mayoría de los diseños elaborados por las metodologías AASHTO e Instituto del Asfalto de los diferentes expedientes técnicos revisados de las carreteras construidas en las diferentes zonas del país, son valores típicos que se asumen, teniendo como comentario que están en función a experiencias anteriores. Sin embargo es importante señalar que en el territorio existe una gran diversidad de características del terreno de fundación, los cuales no necesariamente todos tienen el mismo comportamiento estructural.

5. Para determinar datos del terreno de fundación como el módulo resiliente se emplean ecuaciones características desarrolladas en otros países que relacionan valores de CBR con el módulo resiliente, los cuales no necesariamente tendrán el mismo comportamiento en nuestro país.
6. Para valores de tráfico vehicular menores a 350 vehículos por día se han desarrollado dos Manuales de Diseño de Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito. El primer manual corresponde para las vías No Pavimentadas el emplea una metodología australiana, el método NAASRA que significa National Association of Australian State Road Authorities, en donde las capas conformantes de la estructura del pavimento solo llega hasta el nivel de una capa de afirmado, pudiendo ser imprimado la superficie de rodadura a modo de estabilización de la capa de afirmado con un material bituminoso a modo de proteger la estructura del pavimento. El segundo manual corresponde para las vías Pavimentadas, este manual a diferencia del anterior basa su metodología en el diseño AASHTO, con algunas restricciones como no colocar espesores de sub base granular y base granular menores a 15 cm para ambos casos, que este manual es básicamente para centros rurales por lo cual su grado de confiabilidad esta en el rango de 60% a 80%. El resto del procedimiento de cálculo no varía.
7. No se cuenta con una metodología propia de diseño de pavimentos del país a diferencia de otros países como México, Centroamérica y otros países que si han logrado desarrollar metodologías de diseños de pavimentos que se acercan más a la realidad de sus territorios.

RECOMENDACIONES

1. Para la determinación de diseño del pavimento se emplearon datos aproximados o referenciados en experiencias pasadas de carreteras ya construidas anteriormente, sin embargo no se cuenta con una fuente oficial donde estén compilados los datos importantes o los datos históricos del comportamiento de las carreteras del territorio nacional, por eso es de vital importancia contar con una institución o entidad del estado que se vea mas involucrada o abocada netamente en recopilar datos estadísticos de la vías nacionales, a fin de tener una idea más clara de territorio nacional.
2. Es necesario desarrollar un metodología de diseño de pavimentos propia del país que se asemeje mas a la realidad del territorio, el cual conllevara a una mejor optimización de los recursos empleados en la construcción de carreteras en todos los lugares que sean necesarios.
3. En la mayoría de diseños observados de carreteras ya construidas en el país solo se asumen valores de Índices de Serviciabilidad en base a experiencias anteriores, pero cabe resaltar que las experiencias que señalan corresponden a trabajos realizados en otros países, no justificándose con la realidad del país, por lo cual sería necesario monitorear las vías terrestres a fin de confirmar las suposiciones iniciales planteadas en los diseños presentados al inicio de toda ejecución de una carretera.
4. En el capítulo II se plantearon datos supuestos para el índice de serviciabilidad para el periodo de diseño. Sería recomendable verificar en la construcción de carreteras si se verifican o guardan relación los valores de serviciabilidad de las carreteras con el número de repeticiones de ejes equivalentes y poder obtener una ecuación característica propia del país que relacione estos dos valores para tener diseños de pavimentos mas aproximados o cercanos a su verdadero comportamiento.

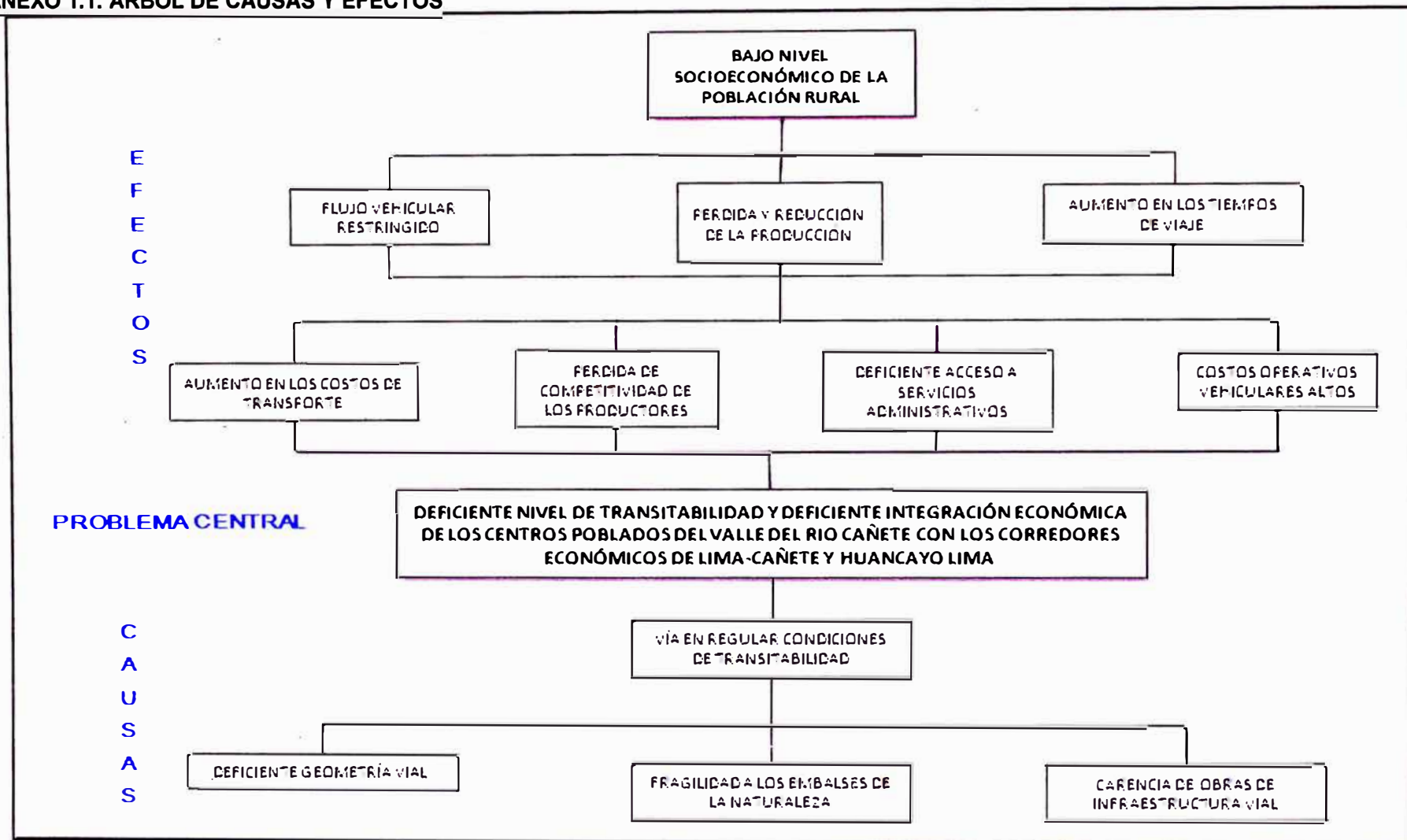
BIBLIOGRAFÍA

1. Céspedes Abanto José; Los Pavimentos en las Vías Terrestres – Calles, Carreteras y Aeropistas; Primera Edición; Cajamarca-Perú; Abril 2,002.
2. Coronado Iturbide Jorge; Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos; Guatemala; Noviembre 2,002.
3. MTC; Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras EG-2000; Segunda Edición; Lima-Perú; Diciembre 2,000.
4. MTC; Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito; Lima-Perú; Marzo 2,008.
5. MTC; Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito; Lima-Perú; Marzo 2,008.
6. MTC; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2001; Segunda Edición; Lima-Perú; Marzo 2,001.
7. Palacios León Floriano; Estudios de Pre inversión a Nivel de Perfil para el Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Ruta 22, Tramo: Lunahuaná - Yauyos-Chupaca; Lima-Perú; Abril 2,004.
8. Provias Nacional–MTC; Estudio de Factibilidad del Proyecto Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Lunahuaná – Dv. Yauyos – Chupaca; Lima-Perú; Julio 2,005.

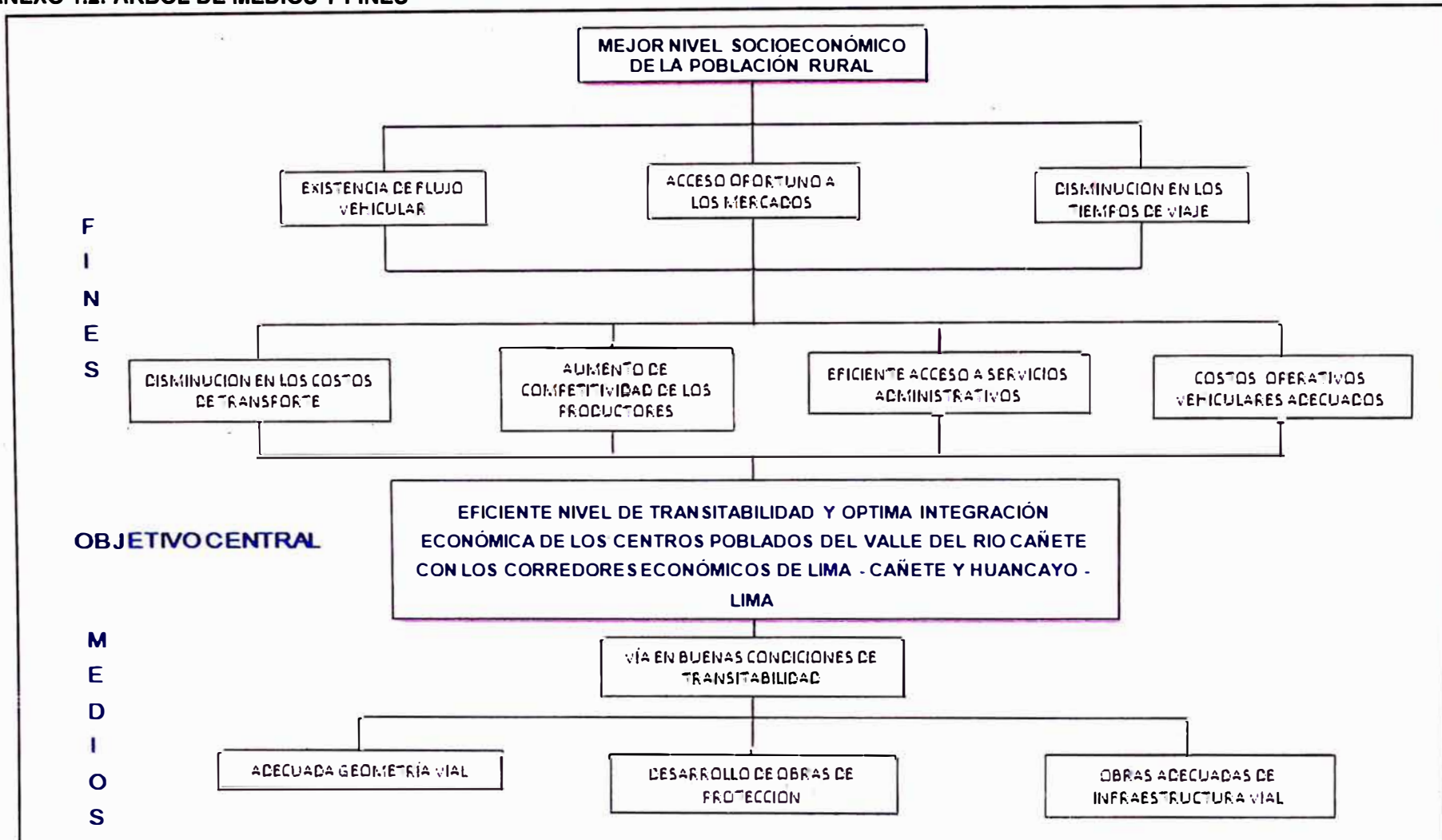
ANEXOS

ANEXOS 1.0: PERFIL DEL PROYECTO

ANEXO 1.1: ÁRBOL DE CAUSAS Y EFECTOS



ANEXO 1.2: ÁRBOL DE MEDIOS Y FINES



ANEXO 1.2: MATRIZ MARCO LÓGICO

SECTOR	TRANSPORTE	ENTIDAD RESPONSABLE	GOBIERNO REGIONAL DE LIMA Y JUNÍN	
NOMBRE RESUMIDO DEL PROYECTO		REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE-LUNAHUANÁ-PACARÁN-ZUÑIGA-Dv. YAUYOS-CHUPACA		
	Resumen de Objetivos	Indicadores	Medios de Verificación	Supuestos
FIN	Mejorar la calidad de la vida de la población de Cañete-Lunahuana-Pacaran-Zuñiga-Dv. Yauyos-Chupaca	Baja un 20% los COV en el primer año. Baja un 10% los tiempos de viaje de los usuarios	Censos Nacionales (Índices e indicadores estadísticos) Encuesta nacional de hogares (Enho)	
PROPÓSITO	Adecuadas condiciones de transitabilidad vehicular	Empresas de transporte de carga y pasajeros Ahorro COV.	Encuestas de pasajeros y usuarios Conteos de Trafico Presupuesto de Obra	Se continua con las actividades de rehabilitación y mejoramiento carretera Cañete-Lunahuaná-Pacaran-Zuñiga-Dv. Yauyos-Chupaca
COMPONENTE	Tramos críticos de calzada vehicular en buen estado. Tramos de la vía se encuentra con protección Suficiente obras de arte. Veredas existentes en buen estado. Suficientes paraderos y basureros. Programas de arborización	284 km de la vía rehabilitada y mejorada 284 km. De la vía mantenida por año.	Inventario vial Informes de obra Valorizaciones de Obra Costos de mantenimiento por km.	Se implementa actividades de mantenimiento y asignación del presupuesto para actividades de mantenimiento. Recurso presupuestal oportuno
ACCIONES	Elaboración de estudios definitivos ejecución de obra Supervisión de obra Gastos generales Mitigación de Impacto Ambiental negativo	01 Expediente técnico 01 avenida principal de acceso debidamente viabilizada 01 responsable de supervisión de obra 15% del costo directo para gastos generales 3% del costo directo para mitigar el Impacto ambiental negativo	Cuadernos de obra Monitoreo y control de avance de elaboración de los estudios definitivos (obras civiles) y supervisión por parte de la Unidad Ejecutora Liquidación de Obra	Participación activa de Municipios de Cañete-Lunahuaná-Pacarán-Zuñiga-Dv. Yauyos-Chupaca Los precios de los materiales e insumos no deben tener un incremento alarmante que garantice la culminación de la obra. No se producirá un desastre natural que dañe la infraestructura a construir.

ANEXOS 2.0: ESTUDIOS DE SUELOS

ANEXO 2.1: ENSAYOS DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S09-278

SOLICITANTE : LAVADO TERREL RUDY LLACZA MEDINA JOHN MEZA MENDOZA ROBERTO ISLACHE CASTRO ORLANDO
ESCOBAR INGA WILDER
PROYECTO TITULACION PROFECIONAL 2009-I
UBICACIÓN DISTRITO DE ALIS PROV. YAUYOS DPTO LIMA
FECHA 04 MAYO DEL 2009

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

GRUPO 4 SECCION "A"

M-1

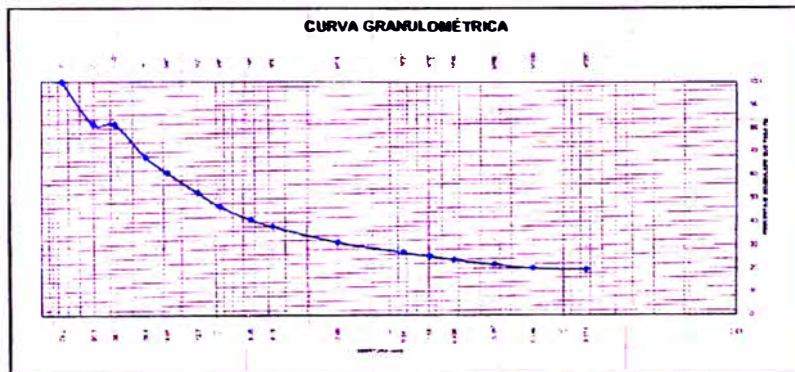
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D-422

Tamiz	Abertura (mm)	Parcial Retenido (%)	Accumulado (%)	
			Retenido	Pasa
3"	76.200	-	-	100.0
2"	50.300	18.3	18.3	81.7
1 1/2"	38.100	-	18.3	81.7
1"	25.400	13.7	32.0	68.0
3/4"	19.050	6.8	38.8	61.2
1/2"	12.700	8.7	47.5	52.5
3/8"	9.525	5.8	53.3	46.7
1/4"	6.350	5.4	58.7	41.3
Nº4	4.760	3.1	61.9	38.1
Nº10	2.000	6.7	68.6	31.4
Nº20	0.840	4.6	73.2	26.8
Nº30	0.590	1.6	74.7	25.3
Nº40	0.426	1.5	76.3	23.7
Nº60	0.250	2.0	78.3	21.7
Nº100	0.149	1.6	79.9	20.1
Nº200	0.074	0.5	80.4	19.6
- Nº200		19.6		

% grava	61.9
% arena	18.6
% finos	19.6

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LIQUIDO (%)	32.43
LÍMITE PLÁSTICO (%)	28.32
INDICE PLÁSTICO (%)	4.11

Clasificación SUCS ASTM D-2487 : GM
Clasificación AASHTO AASHTO M-145 : A-2-4(0)



Nota: Muestra remitida e identificada por el Solicitante
Ejecución: Tec. Jorge Chávez U.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S09-278

SOLICITANTE : LAVADO TERREL RUDY LLACZA MEDINA L. MEZA MENDOZA ROBERTO
ISLAQUE CASTRO ORLANDO ESCOBAR INGA WILDER
PROYECTO : TITULACION PROFESIONAL 2008-I
UBICACIÓN : DISTRITO DE ALIS PROV. YAUYOS DPTO LIMA
FECHA : 04 MAYO DEL 2009

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

GRUPO 4 SECCION "A"

M-2

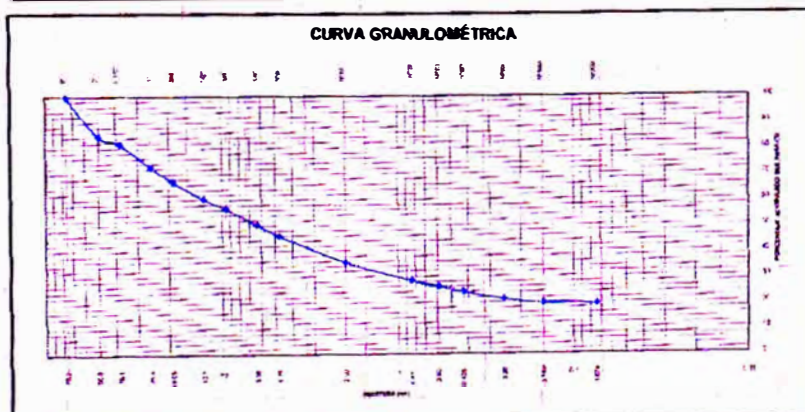
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D-422

Tamiz	Abertura (mm)	(%)		(% Acumulado)	
		Parcial Retenido	Retenido	Pasa	Pasa
3"	76.200	-	-	100.0	
2"	50.300	15.4	15.4	84.6	
1 1/2"	38.100	2.9	18.2	81.8	
1"	25.400	9.0	27.2	72.8	
3/4"	19.050	5.6	32.8	67.2	
1/2"	12.700	6.8	39.7	60.3	
3/8"	9.525	3.8	43.5	56.5	
1/4"	6.350	6.1	49.6	50.4	
N°4	4.750	4.3	53.9	46.1	
N°10	2.000	10.3	64.2	35.8	
N°20	0.840	7.3	71.5	28.5	
N°30	0.590	2.3	73.9	26.1	
N°40	0.425	2.0	75.9	24.1	
N°60	0.250	2.6	78.4	21.6	
N°100	0.149	1.8	80.2	19.8	
N°200	0.074	0.5	80.7	19.3	
- N°200		19.3			

% grava	: 53.9
% arena	: 26.7
% finos	: 19.3

LÍMITES DE CONSISTENCIA		ASTM
D4318		
LÍMITE LÍQUIDO (%)	: 38.46	
LÍMITE PLÁSTICO (%)	: 26.38	
ÍNDICE PLÁSTICO (%)	: 12.09	

Clasificación SUCS ASTM D-2487 : GM
Clasificación AASHTO AASHTO M-145 : A-2-6(0)



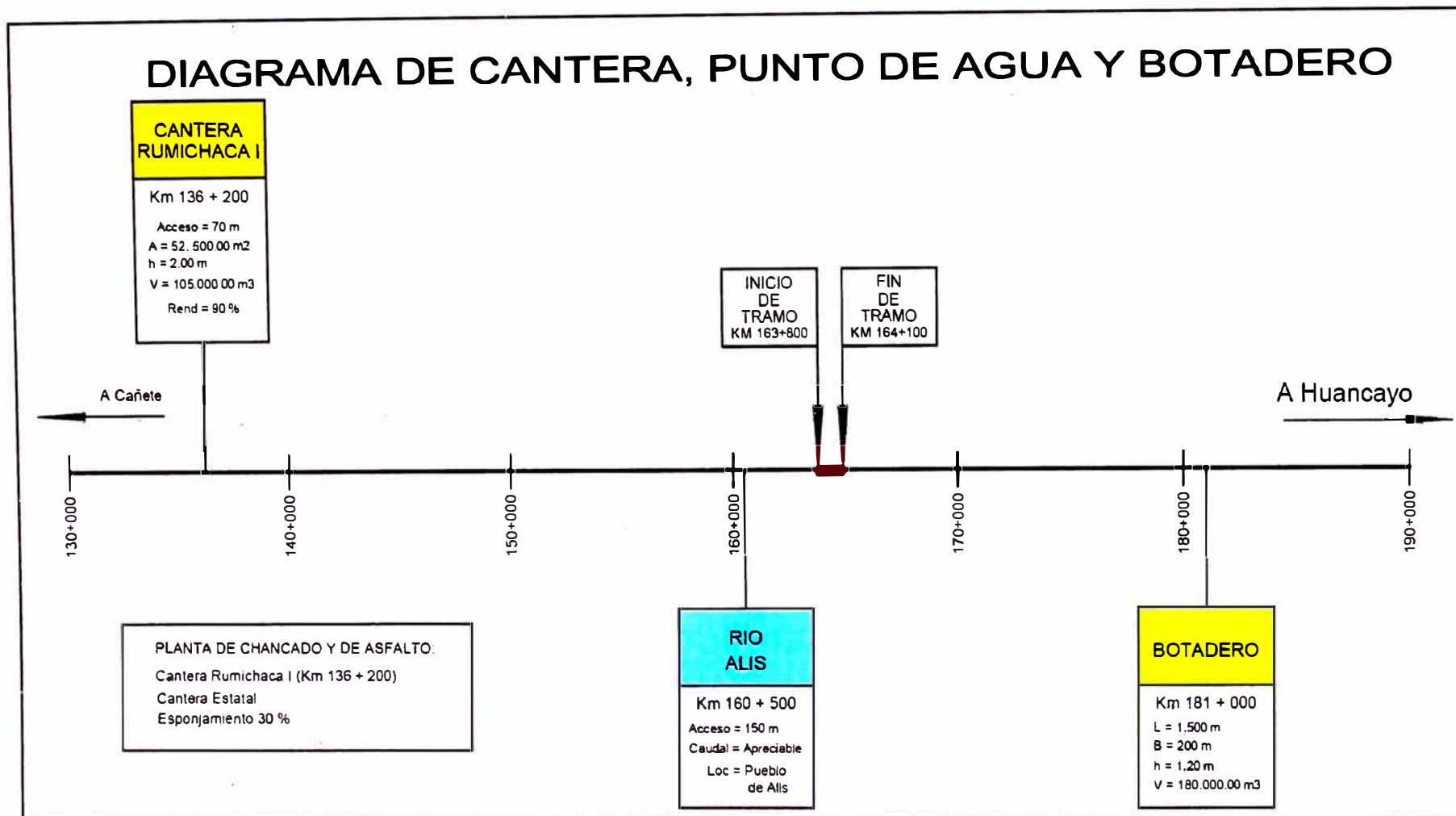
Nota. Muestra remitida e identificada por el Solicitante
Ejecución: Tec. Jorge Chávez U.



Jose Wilfredo Gutierrez Lazares
JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNII

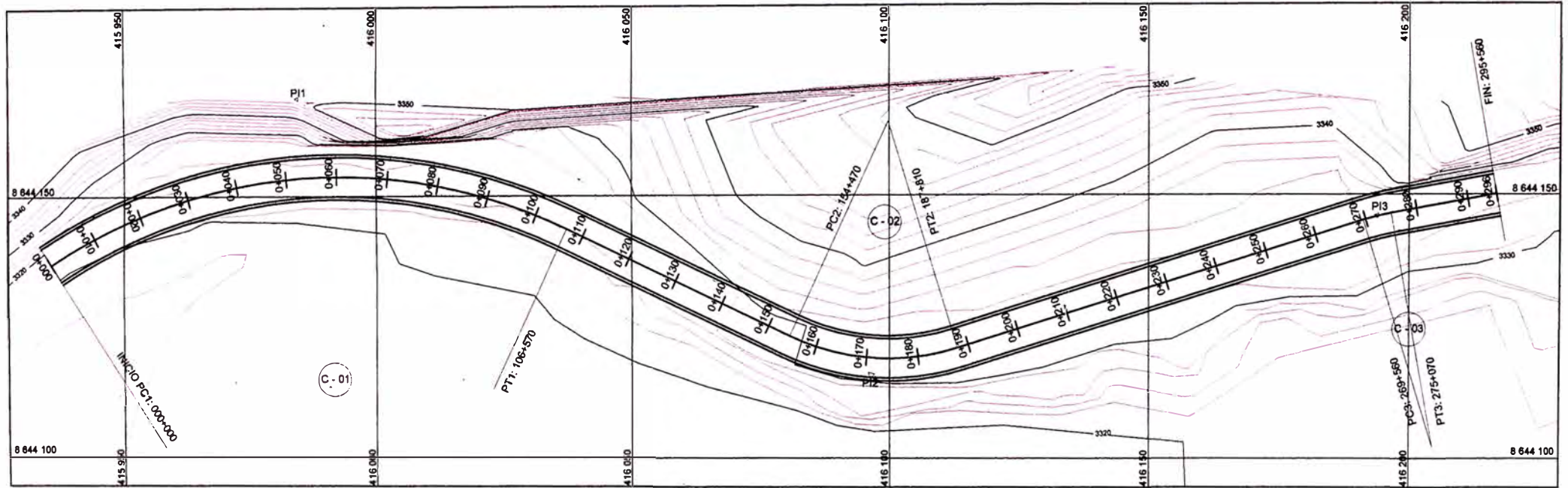
ANEXOS 3.0: DIAGRAMA DE CANTERA

ANEXO 3.1: DIAGRAMA DE CANTERAS



ANEXOS 4.0: PLANOS DEL PROYECTO

PLANTA



ESCALA GRAFICA

0.00 m 10.00 20.00 30.00 40.00 50.00 60.00 70.00 80.00 90.00 100.00 m

ELEMENTOS DE CURVA

CURVA	ANGULO	R. (m)	T.G. (m)	L.C. (m)	P.C.	COORDENADAS		P.T.	COORDENADAS	
						NORTE	ESTE		NORTE	ESTE
01	58°09'05"	105	58.38	108.57	000+000	8 644 136.85	415 935.47	108+570	8 644 143.89	418 037.29
02	42°26'48"	45	17.48	33.34	104+470	8 644 123.27	416 080.62	187+810	8 644 120.99	418 113.12
02	07°01'17"	45	2.76	5.51	269+560	8 644 145.18	418 191.21	275+070	8 644 144.48	418 198.57



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CURSO DE TITULACION PROFESIONAL 2009
 MODALIDAD ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS

PROYECTISTA:

GRUPO Nº 4

PROYECTO:

AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
 CAÑETE - YAUYOS - HUANCAYO DEL KM 163+800 AL KM 164+100

DEPARTAMENTO:

LIMA

PROVINCIA:

YAUYOS

DISTRITO:

ALIS

PLANO:

PLANTA

FECHA:

JUNIO 2009

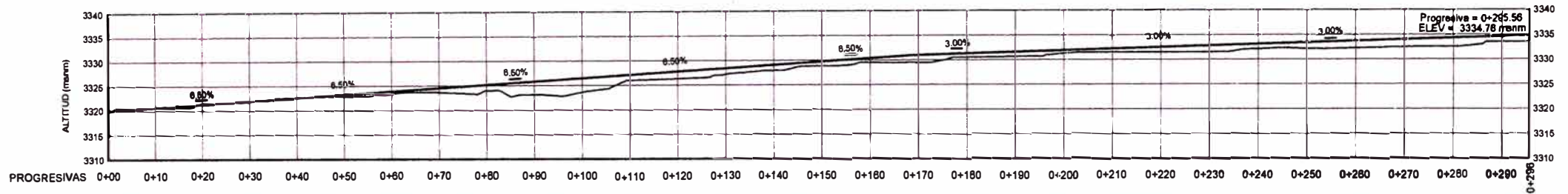
ESCALA:

INDICADA

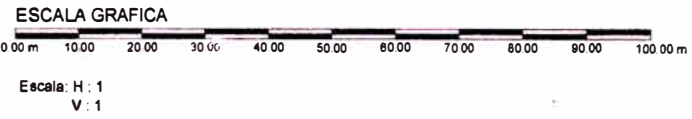
LAMINANº:

P-01

PERFIL LONGITUDINAL

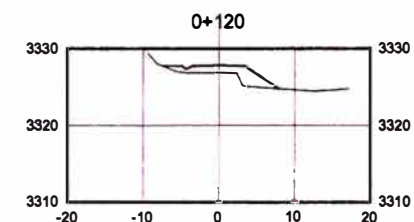
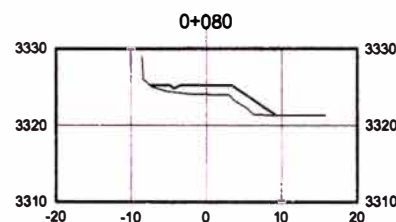
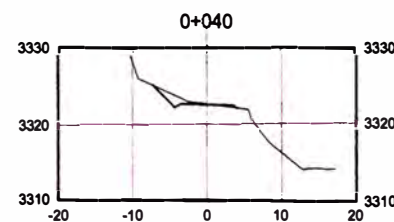
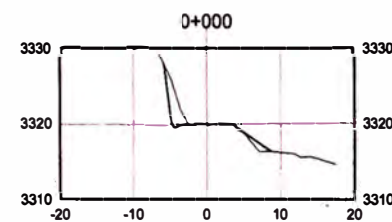
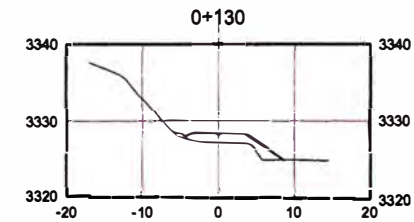
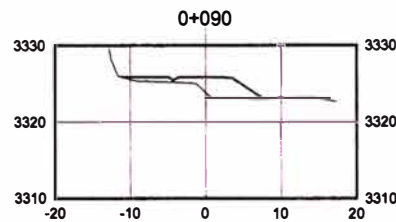
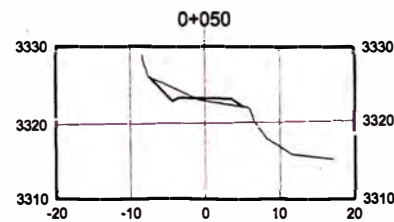
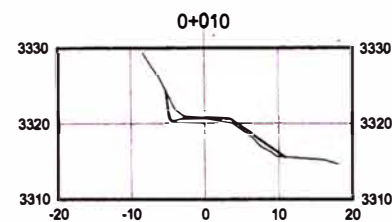
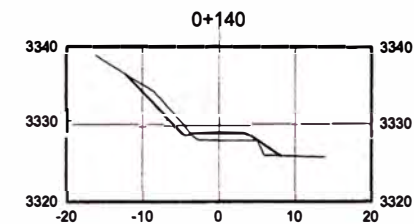
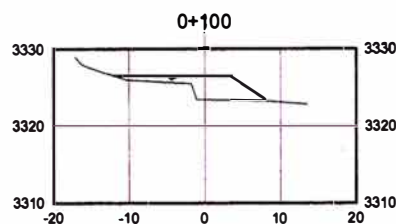
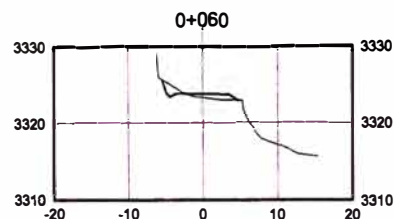
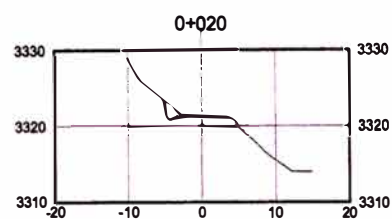
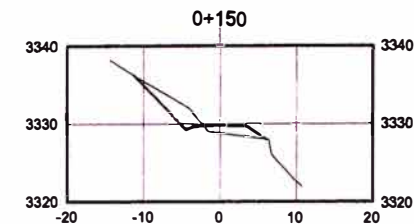
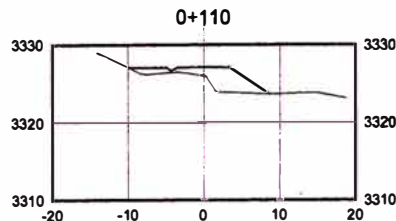
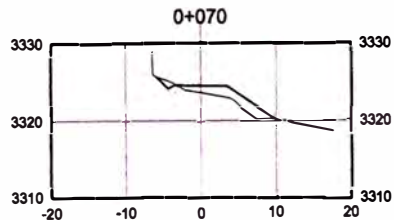
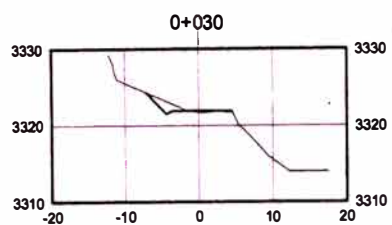


COTA DE CARPETA DE RODADURA																														
	3320.65	3321.30	3321.95	3322.60	3323.25	3323.90	3324.55	3325.20	3325.85	3326.50	3327.15	3327.80	3328.45	3329.10	3329.75	3330.40	3331.01	3331.31	3331.61	3331.91	3332.21	3332.51	3332.81	3333.11	3333.41	3333.71	3334.01	3334.31	3334.61	3334.78
CORA DE TERRENO	3320.55	3321.54	3321.74	3322.68	3322.89	3323.38	3323.66	3324.02	3323.15	3323.60	3326.04	3326.30	3327.19	3327.93	3328.81	3329.53	3329.51	3330.51	3330.65	3331.28	3331.53	3331.52	3331.51	3332.09	3332.16	3332.23	3332.50	3332.53	3333.50	3333.52
PENDIENTE	Longitud = 188.89 m ; i = 6.50 %															Longitud = 126.67 m ; i = 3.00 %														
ALINEAMIENTO	C - 01 R = 105 m										C - 02 R = 45 m										C - 03 R = 45 m									



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL CURSO DE TITULACION PROFESIONAL 2009 MODALIDAD ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS	PROYECTISTA: GRUPO N° 4	PROYECTO: AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE - YAUYOS - HUANCAYO DEL KM 163+800 AL KM 164+100	PLANO: PERFIL LONGITUDINAL LAMINA N°: P-02
				FECHA: JUNIO 2009
				ESCALA: INDICADA
			DEPARTAMENTO: LIMA PROVINCIA: YAUYOS DISTRITO: ALIS	

SECCIONES TRANSVERSALES



Escala: H: 1
V: 1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CURSO DE TITULACION PROFESIONAL 2009
MODALIDAD ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS

PROYECTISTA:

GRUPO Nº 4

PROYECTO:

AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
CAÑETE - YAUYOS - HUANCAYO DEL KM 163+800 AL KM 164+100

DEPARTAMENTO:

LIMA

PROVINCIA:

YAUYOS

DISTRITO:

ALIS

PLANO: SECCIONES
TRANSVERSALES

FECHA: JUNIO 2009

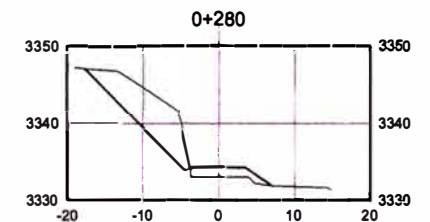
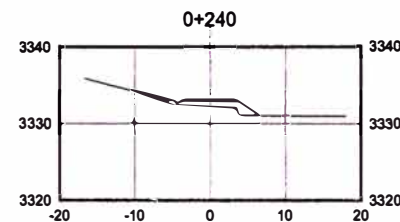
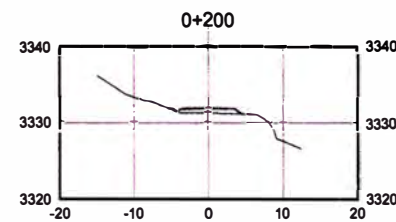
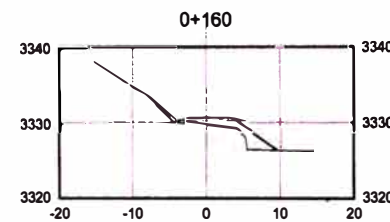
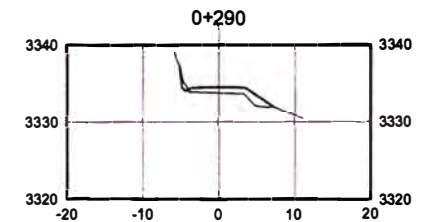
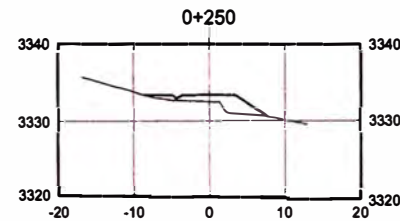
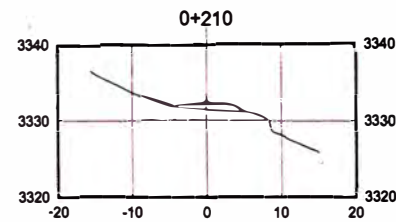
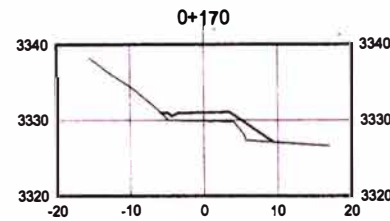
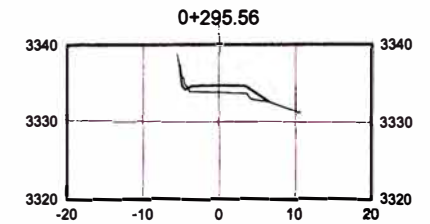
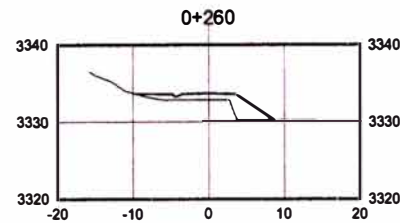
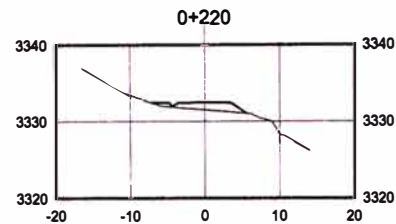
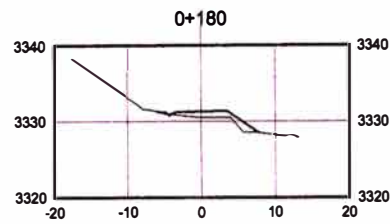
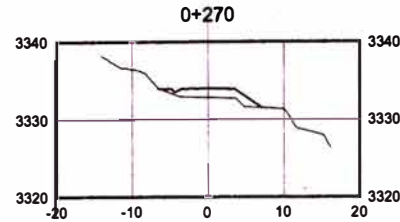
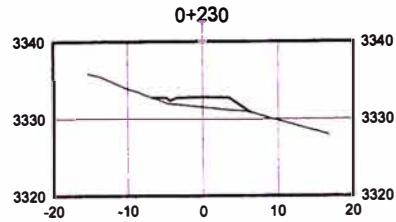
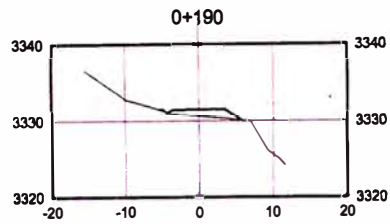
ESCALA:

INDICADA

LAMINA Nº:

ST-01

SECCIONES TRANSVERSALES



Escala: H : 1
V : 1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CURSO DE TITULACION PROFESIONAL 2009
MODALIDAD ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS

PROYECTISTA:

GRUPO N° 4

PROYECTO:

AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
CAÑETE - YAUYOS - HUANCAYO DEL KM 163+800 AL KM 164+100

DEPARTAMENTO:

LIMA

PROVINCIA:

YAUYOS

DISTRITO:

ALIS

PLANO: SECCIONES
TRANSVERSALES

FECHA:
JUNIO 2009

ESCALA:

INDICADA

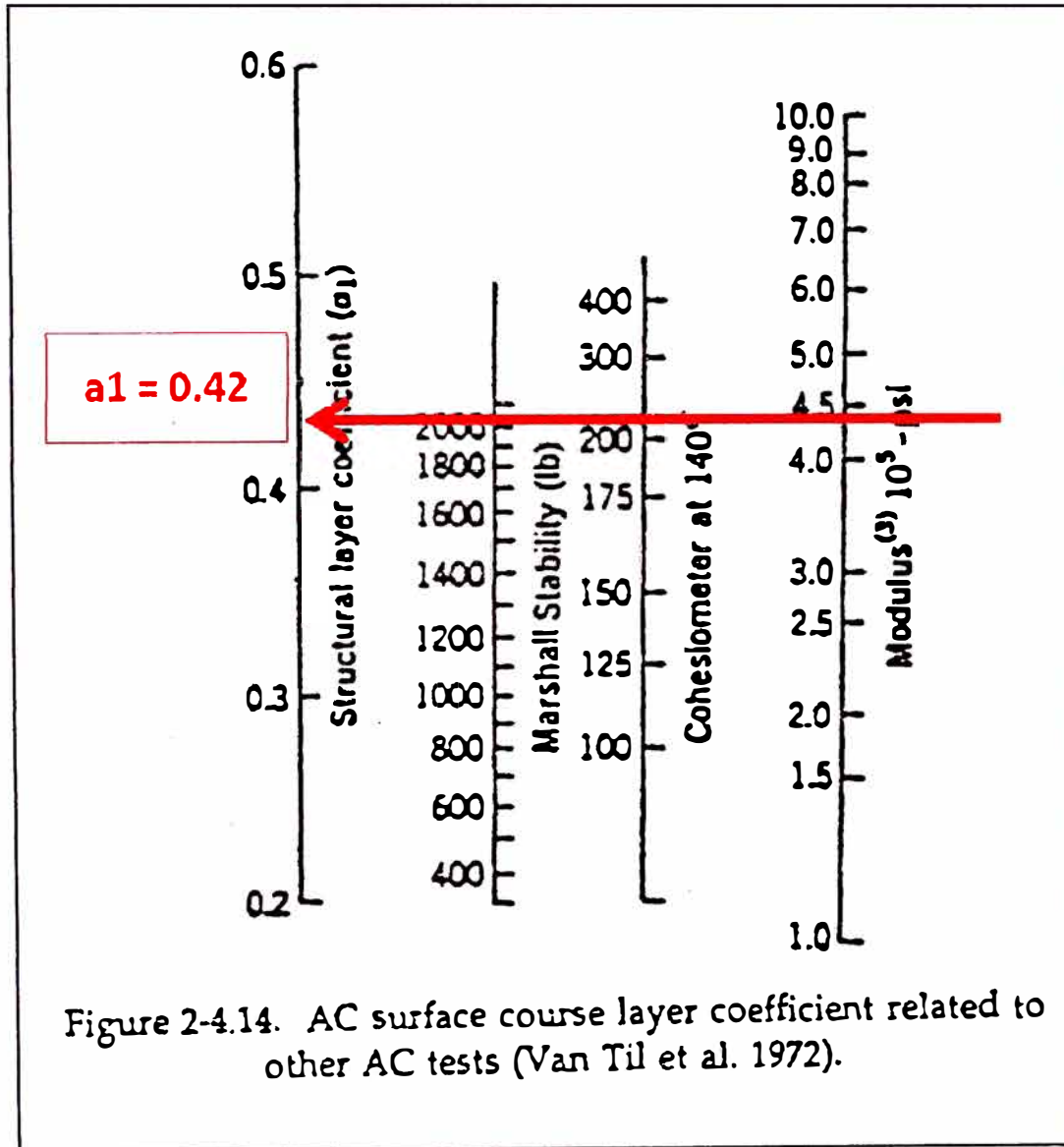
LAMINA N°:

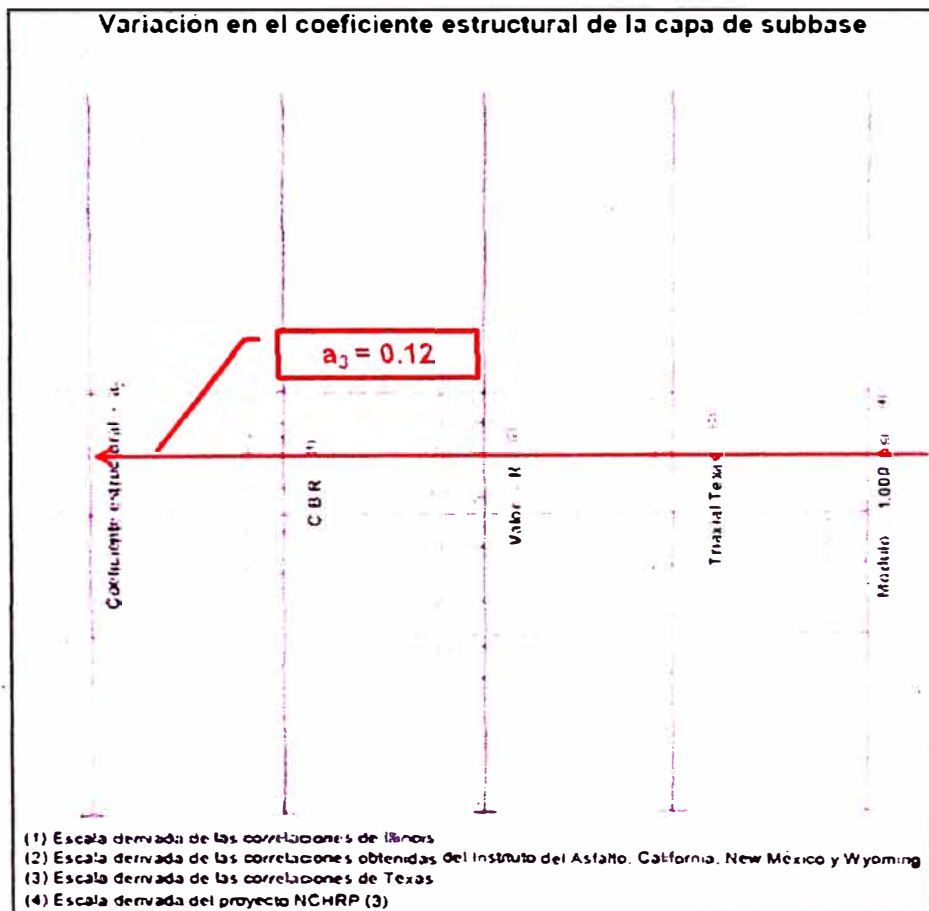
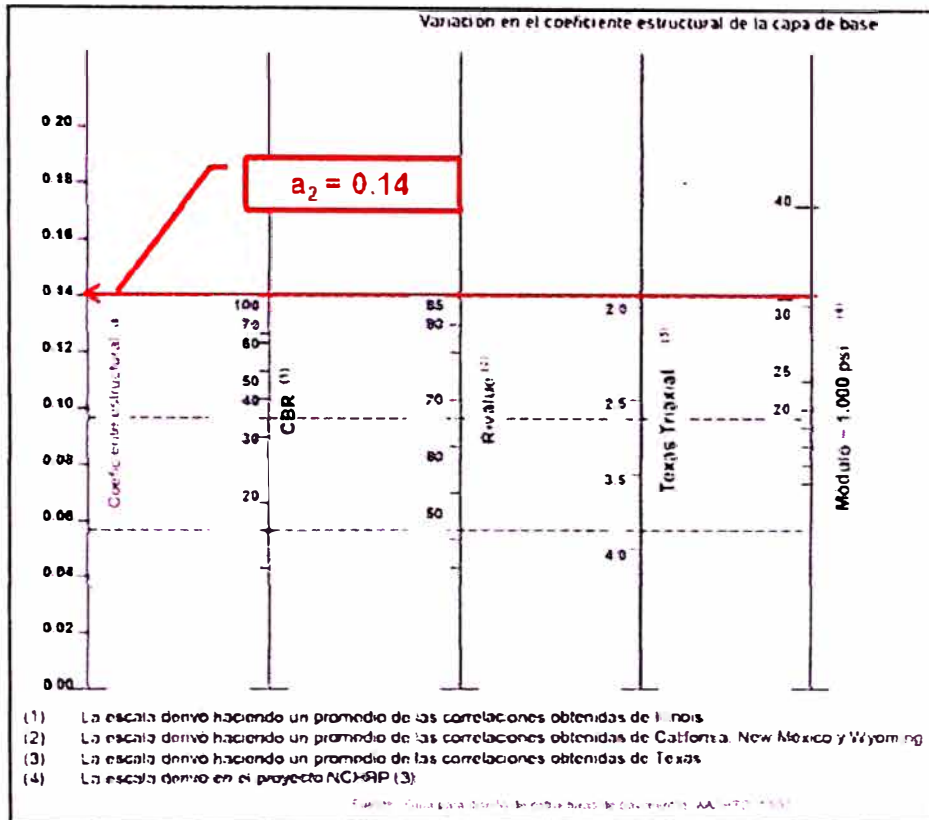
ST-02

ANEXOS 5.0: NOMOGRAMAS PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS

ANEXO 5.1: METODOLOGÍA AASHTO

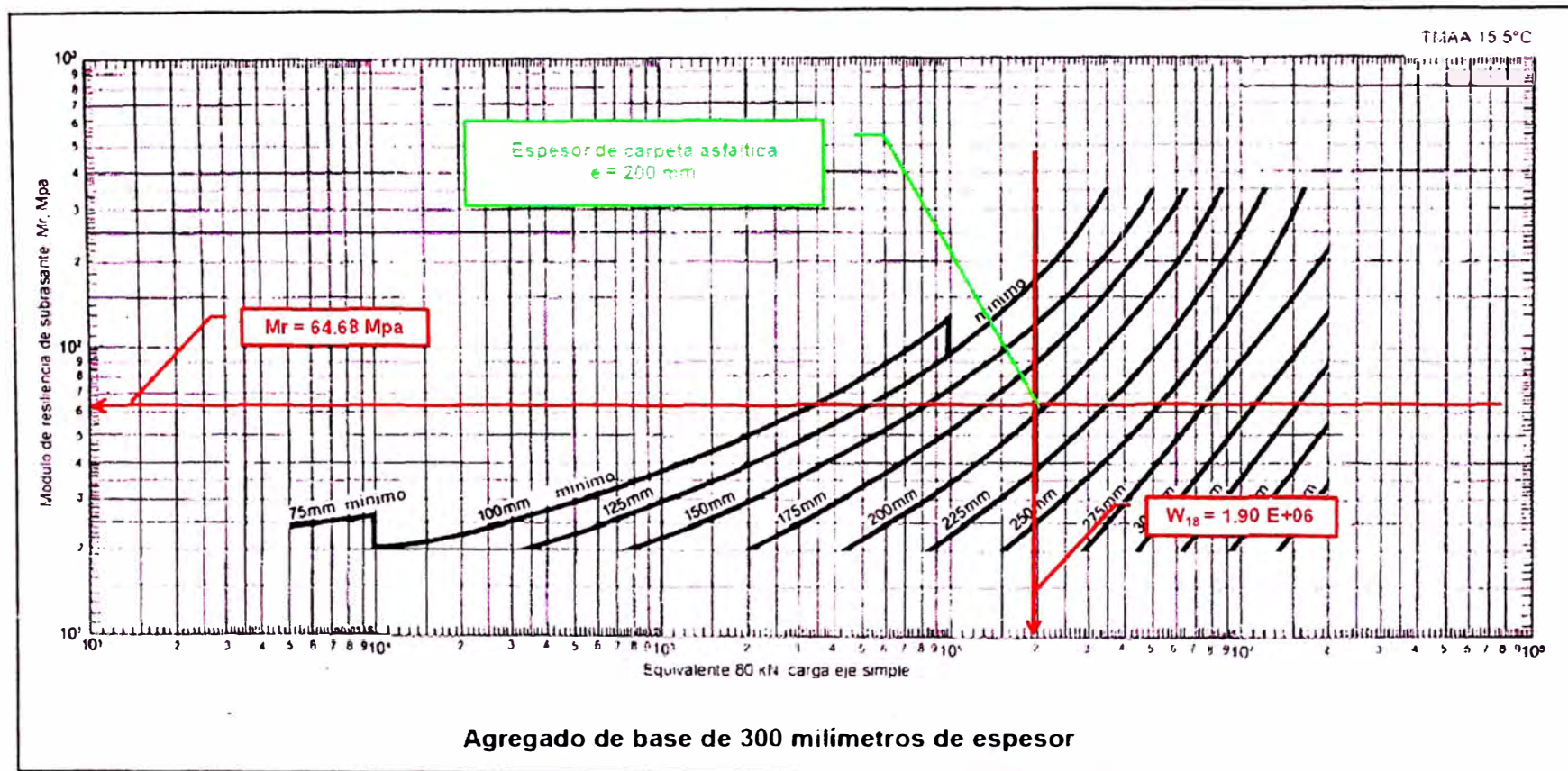
Variación en el coeficiente estructural de la capa de concreto asfáltica





ANEXO 5.2: METODOLOGÍA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

CARTA DE DISEÑO A15



ANEXOS 6.0: PLANILLA DE METRADOS

METRADO DE CORTE Y RELLENO (PARTIDAS 202 y 203)

INICIO	FIN	LONGITUD (m)	VOLUMEN	
			CORTE (m3)	RELLENO (m3)
163+800	163+810	10.00	104.46	45.76
163+810	163+820	10.00	87.49	31.27
163+820	163+830	10.00	95.94	0.00
163+830	163+840	10.00	105.30	0.00
163+840	163+850	10.00	87.23	4.75
163+850	163+860	10.00	66.76	9.17
163+860	163+870	10.00	43.29	68.71
163+870	163+880	10.00	8.45	151.65
163+880	163+890	10.00	0.00	198.45
163+890	163+900	10.00	0.00	267.28
163+900	163+910	10.00	0.00	286.46
163+910	163+920	10.00	0.00	205.47
163+920	163+930	10.00	0.00	147.62
163+930	163+940	10.00	41.41	114.79
163+940	163+950	10.00	142.35	67.08
163+950	163+960	10.00	102.83	79.82
163+960	163+970	10.00	1.89	128.70
163+970	163+980	10.00	0.00	119.28
163+980	163+990	10.00	0.00	72.61
163+990	164+000	10.00	0.00	33.35
164+000	164+010	10.00	0.00	21.06
164+010	164+020	10.00	0.00	47.78
164+020	164+030	10.00	0.00	86.65
164+030	164+040	10.00	0.00	94.12
164+040	164+050	10.00	0.00	110.63
164+050	164+060	10.00	0.00	155.42
164+060	164+070	10.00	0.00	138.00
164+070	164+080	10.00	348.86	101.86
164+080	164+090	10.00	351.16	74.88
164+090	164+100	5.60	5.01	29.99
TOTAL		295.60	1,592.40	2,892.53

METRADO DE PARTIDAS DE SUB BASE, BASE GRANULAR y PAVIMENTO

PROGRESIVAS		ANCHOS			LONGITUD (m)	VOLUMEN			CEMENTO ASFALTICO	FILLER	ADITIVO MEJORADOR	MC - 30
INICIO	FIN	SUB BASE (m)	BASE (m)	CARPETA (m)		SUB BASE (m3)	BASE (m3)	CARPETA (m3)	38.00 gal/m3	47.56 Kg/m3	0.69 Kg/m3	1.08 lt/m2
163+800	163+810	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
163+810	163+820	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
163+820	163+830	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
163+830	163+840	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
163+840	163+850	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
163+850	163+860	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
163+860	163+870	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
163+870	163+880	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
163+880	163+890	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
163+890	163+900	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
163+900	163+910	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
163+910	163+920	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
163+920	163+930	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
163+930	163+940	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
163+940	163+950	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
163+950	163+960	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
163+960	163+970	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
163+970	163+980	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
163+980	163+990	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
163+990	164+000	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
164+000	164+010	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
164+010	164+020	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
164+020	164+030	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
164+030	164+040	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
164+040	164+050	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
164+050	164+060	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
164+060	164+070	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
164+070	164+080	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
164+080	164+090	8.29	7.82	7.58	10.00	25.70	12.00	6.10	231.80	290.12	4.21	84.26
164+090	164+100	8.29	7.82	7.58	5.60	14.39	6.72	3.42	129.81	162.46	2.36	47.19
TOTAL					295.60	759.69	354.72	180.32	6,852.01	8,575.83	124.42	2,490.73

METRADO DE PARTIDAS DE TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA

PROGRESIVAS		LONGITUD (m)	VOLUMEN			CANTERA			TRANSPORTE GRANULAR (M3-KM)	
INICIO	FIN		SUB BASE (m3)	BASE (m3)	RELLENO (m3)	UBICACIÓN	ACCESO (Km)	DISTANCIA (Km)	< 1KM	> 1KM
163+800	163+810	10.00	25.70	12.00	45.76	136+200	0.07	27.68	83.46	2,226.30
163+810	163+820	10.00	25.70	12.00	31.27	136+200	0.07	27.69	68.97	1,840.33
163+820	163+830	10.00	25.70	12.00	0.00	136+200	0.07	27.70	37.70	1,006.40
163+830	163+840	10.00	25.70	12.00	0.00	136+200	0.07	27.71	37.70	1,006.78
163+840	163+850	10.00	25.70	12.00	4.75	136+200	0.07	27.72	42.45	1,133.92
163+850	163+860	10.00	25.70	12.00	9.17	136+200	0.07	27.73	46.87	1,252.47
163+860	163+870	10.00	25.70	12.00	68.71	136+200	0.07	27.74	106.41	2,844.74
163+870	163+880	10.00	25.70	12.00	151.65	136+200	0.07	27.75	189.35	5,064.03
163+880	163+890	10.00	25.70	12.00	198.45	136+200	0.07	27.76	236.15	6,318.06
163+890	163+900	10.00	25.70	12.00	267.28	136+200	0.07	27.77	304.98	8,162.79
163+900	163+910	10.00	25.70	12.00	286.46	136+200	0.07	27.78	324.16	8,679.25
163+910	163+920	10.00	25.70	12.00	205.47	136+200	0.07	27.79	243.17	6,513.17
163+920	163+930	10.00	25.70	12.00	147.62	136+200	0.07	27.80	185.32	4,965.52
163+930	163+940	10.00	25.70	12.00	114.79	136+200	0.07	27.81	152.49	4,087.49
163+940	163+950	10.00	25.70	12.00	67.08	136+200	0.07	27.82	104.78	2,809.68
163+950	163+960	10.00	25.70	12.00	79.82	136+200	0.07	27.83	117.52	3,152.47
163+960	163+970	10.00	25.70	12.00	128.70	136+200	0.07	27.84	166.40	4,465.34
163+970	163+980	10.00	25.70	12.00	119.28	136+200	0.07	27.85	156.98	4,213.99
163+980	163+990	10.00	25.70	12.00	72.61	136+200	0.07	27.86	110.31	2,962.24
163+990	164+000	10.00	25.70	12.00	33.35	136+200	0.07	27.87	71.05	1,908.62
164+000	164+010	10.00	25.70	12.00	21.06	136+200	0.07	27.88	58.76	1,579.18
164+010	164+020	10.00	25.70	12.00	47.78	136+200	0.07	27.89	85.48	2,298.00
164+020	164+030	10.00	25.70	12.00	86.65	136+200	0.07	27.90	124.35	3,344.26
164+030	164+040	10.00	25.70	12.00	94.12	136+200	0.07	27.91	131.82	3,546.62
164+040	164+050	10.00	25.70	12.00	110.63	136+200	0.07	27.92	148.33	3,992.30
164+050	164+060	10.00	25.70	12.00	155.42	136+200	0.07	27.93	193.12	5,199.62
164+060	164+070	10.00	25.70	12.00	138.00	136+200	0.07	27.94	175.70	4,732.34
164+070	164+080	10.00	25.70	12.00	101.86	136+200	0.07	27.95	139.56	3,760.31
164+080	164+090	10.00	25.70	12.00	74.88	136+200	0.07	27.96	112.58	3,034.59
164+090	164+096	5.60	14.39	6.72	29.99	136+200	0.07	27.96	51.11	1,377.95
TOTAL		295.60	759.69	354.72	2,892.53				4,006.94	107,478.77

METRADO PARTIDAS DE ELIMINACIÓN DE MATERIAL

PROGRESIVAS		LONGITUD (m)	VOLUMEN	BOTADERO			ELIMINACION (M3-KM)	
INICIO	FIN		CORTE (m3)	UBICACIÓN	ACCESO (Km)	DISTANCIA (Km)	< 1KM	> 1KM
163+800	163+810	10.00	104.46	181+000	0.00	17.20	104.46	1,691.65
163+810	163+820	10.00	87.49	181+000	0.00	17.19	87.49	1,416.03
163+820	163+830	10.00	95.94	181+000	0.00	17.18	95.94	1,551.83
163+830	163+840	10.00	105.30	181+000	0.00	17.17	105.30	1,702.17
163+840	163+850	10.00	87.23	181+000	0.00	17.16	87.23	1,409.20
163+850	163+860	10.00	66.76	181+000	0.00	17.15	66.76	1,077.76
163+860	163+870	10.00	43.29	181+000	0.00	17.14	43.29	698.48
163+870	163+880	10.00	8.45	181+000	0.00	17.13	8.45	136.26
163+880	163+890	10.00	0.00	181+000	0.00	17.12	0.00	0.00
163+890	163+900	10.00	0.00	181+000	0.00	17.11	0.00	0.00
163+900	163+910	10.00	0.00	181+000	0.00	17.10	0.00	0.00
163+910	163+920	10.00	0.00	181+000	0.00	17.09	0.00	0.00
163+920	163+930	10.00	0.00	181+000	0.00	17.08	0.00	0.00
163+930	163+940	10.00	41.41	181+000	0.00	17.07	41.41	665.17
163+940	163+950	10.00	142.35	181+000	0.00	17.06	142.35	2,285.43
163+950	163+960	10.00	102.83	181+000	0.00	17.05	102.83	1,649.91
163+960	163+970	10.00	1.89	181+000	0.00	17.04	1.89	30.23
163+970	163+980	10.00	0.00	181+000	0.00	17.03	0.00	0.00
163+980	163+990	10.00	0.00	181+000	0.00	17.02	0.00	0.00
163+990	164+000	10.00	0.00	181+000	0.00	17.01	0.00	0.00
164+000	164+010	10.00	0.00	181+000	0.00	17.00	0.00	0.00
164+010	164+020	10.00	0.00	181+000	0.00	16.99	0.00	0.00
164+020	164+030	10.00	0.00	181+000	0.00	16.98	0.00	0.00
164+030	164+040	10.00	0.00	181+000	0.00	16.97	0.00	0.00
164+040	164+050	10.00	0.00	181+000	0.00	16.96	0.00	0.00
164+050	164+060	10.00	0.00	181+000	0.00	16.95	0.00	0.00
164+060	164+070	10.00	0.00	181+000	0.00	16.94	0.00	0.00
164+070	164+080	10.00	348.86	181+000	0.00	16.93	348.86	5,555.52
164+080	164+090	10.00	351.16	181+000	0.00	16.92	351.16	5,588.69
164+090	164+096	5.60	5.01	181+000	0.00	16.91	5.01	79.64
TOTAL		295.60	1,592.40				1,592.40	25,537.95

METRADO PARTIDAS DE TRANSPORTE DE MEZCLA ASFÁLTICA

PROGRESIVAS		LONGITUD (m)	VOLUMEN CARPETA (m3)	CANTERA			CARPETA	
INICIO	FIN			UBICACIÓN	ACCESO (Km)	DISTANCIA (Km)	< 1KM	> 1KM
163+800	163+810	10.00	6.10	136+200	0.07	27.68	6.10	162.72
163+810	163+820	10.00	6.10	136+200	0.07	27.69	6.10	162.78
163+820	163+830	10.00	6.10	136+200	0.07	27.70	6.10	162.84
163+830	163+840	10.00	6.10	136+200	0.07	27.71	6.10	162.90
163+840	163+850	10.00	6.10	136+200	0.07	27.72	6.10	162.96
163+850	163+860	10.00	6.10	136+200	0.07	27.73	6.10	163.02
163+860	163+870	10.00	6.10	136+200	0.07	27.74	6.10	163.08
163+870	163+880	10.00	6.10	136+200	0.07	27.75	6.10	163.14
163+880	163+890	10.00	6.10	136+200	0.07	27.76	6.10	163.21
163+890	163+900	10.00	6.10	136+200	0.07	27.77	6.10	163.27
163+900	163+910	10.00	6.10	136+200	0.07	27.78	6.10	163.33
163+910	163+920	10.00	6.10	136+200	0.07	27.79	6.10	163.39
163+920	163+930	10.00	6.10	136+200	0.07	27.80	6.10	163.45
163+930	163+940	10.00	6.10	136+200	0.07	27.81	6.10	163.51
163+940	163+950	10.00	6.10	136+200	0.07	27.82	6.10	163.57
163+950	163+960	10.00	6.10	136+200	0.07	27.83	6.10	163.63
163+960	163+970	10.00	6.10	136+200	0.07	27.84	6.10	163.69
163+970	163+980	10.00	6.10	136+200	0.07	27.85	6.10	163.75
163+980	163+990	10.00	6.10	136+200	0.07	27.86	6.10	163.82
163+990	164+000	10.00	6.10	136+200	0.07	27.87	6.10	163.88
164+000	164+010	10.00	6.10	136+200	0.07	27.88	6.10	163.94
164+010	164+020	10.00	6.10	136+200	0.07	27.89	6.10	164.00
164+020	164+030	10.00	6.10	136+200	0.07	27.90	6.10	164.06
164+030	164+040	10.00	6.10	136+200	0.07	27.91	6.10	164.12
164+040	164+050	10.00	6.10	136+200	0.07	27.92	6.10	164.18
164+050	164+060	10.00	6.10	136+200	0.07	27.93	6.10	164.24
164+060	184+070	10.00	6.10	136+200	0.07	27.94	6.10	164.30
164+070	164+080	10.00	6.10	136+200	0.07	27.95	6.10	164.36
164+080	164+090	10.00	6.10	136+200	0.07	27.96	6.10	164.43
164+090	164+096	5.60	3.42	136+200	0.07	27.96	3.42	92.10
TOTAL		295.60	180.32				180.32	4,835.68