



**UNIVERSIDAD
MAYOR**

**UNIVERSIDAD MAYOR
FACULTAD DE CIENCIAS
CONSTRUCCIÓN CIVIL**

**“MANUAL DE RECOMENDACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
PAVIMENTOS ASFÁLTICOS MODIFICADOS EN BASE A POLIMEROS DE
CAUCHO”**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante
Rodrigo Alejandro González Barriga

Profesor Guía:
Mg. Rodrigo Ternero Saavedra

Julio 2018
Santiago, Chile

RESUMEN

Dado la diversa problemática que conlleva ejecutar pavimentos asfálticos normales o tradicionales a nivel de deterioros como, por ejemplo, craquelamiento, ahuellamiento, bacheos por fatiga de material, en efecto, fallas consideradas de temprana edad dentro de un período de 5 años, se ha planteado la necesidad de mejorar dicha mezcla con tecnologías aplicadas a un mundo más autosustentable.

Es así como, surge la necesidad de plantear una solución medio ambiental en el área del reciclaje, específicamente con el desuso de neumáticos que hay a diario y que en la actualidad provocan un problema al estar expuestos en vertederos, generando complicaciones medioambientales producto de las emanaciones de gases tóxicos.

Por consiguiente, se plantea mediante este proyecto de título, el diseño de un manual de recomendaciones para la construcción de pavimentos asfálticos en base a polímeros de caucho. En éste se realizan recomendaciones bajo el punto de vista del paquete estructural y mecánicas de suelo asociadas, las cuales serán aplicadas para el presente estudio de suelo. Así mismo, se traza la estructura de asfalto, donde se presentarán las correspondientes investigaciones de diseño de mezcla, con el fin de definir una granulometría clara en base a los polímeros y la densidad Marshall para la obtención de las compactaciones asfálticas y un ensayo de extracción centrifuga para definir contenidos de ligante asfáltico y granulometría asfáltica.

SOLO USO PÚBLICO

SUMMARY

Given the different problems involved in performing normal or traditional asphalt pavements at the level of deterioration such as cracking, rutting, fatigue patches of material, in fact, faults considered to be of an early age within a period of 5 years, it has been raised the need to improve this mixture with technologies applied to a more self-sustainable world.

Thus, the need arises to propose an environmental solution in the area of recycling, specifically with the disuse of tires that are on a daily basis and that currently cause a problem by being exposed to landfills, generating environmental complications resulting from the emanations of toxic gases.

Therefore, through this title project, the design of a manual of recommendations for the construction of asphalt pavements based on rubber polymers is proposed. In this, recommendations are made from the point of view of the structural package and associated soil mechanics, which will be applied for the present soil study. Likewise, the asphalt structure is traced, where the corresponding mix design investigations will be presented, in order to define a clear granulometry based on the polymers and the Marshall density to obtain the asphalt compaction and an extraction test. centrifuge to define asphalt binder contents and asphalt granulometry.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	i
SUMMARY	ii
TABLA DE CONTENIDO	iii
INDICE DE ILUSTRACIONES	vi
INDICE DE TABLAS	vii
INTRODUCCION	1
INTRUDUCCION GENERAL	1
CAPÍTULO 1.MARCO TEÓRICO	3
1.1 MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE MODIFICADAS CON POLVO DE CAUCHO.....	3
1.1.2 Descripción y alcances.....	3
1.1.3 Materiales.....	3
1.2 PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO.....	5
1.2.1 Dosificación	5
1.2.2 Propiedades de la Mezcla.....	6
1.2.3 Preparación de la Mezcla.....	7
1.2.4 Controles.....	8
1.2.5 Preparación de la Superficie.....	8
1.2.6 Transporte y Colocación.....	9
1.2.7 Apertura al Tránsito.....	9
1.2.8 Tolerancias y Multas	9
1.3 PARTIDAS DEL PRESUPUESTO Y BASES DE MEDICIÓN	10
1.3.1 Mezcla Asfáltica en Caliente Modificada con Polvo de Caucho, Capa de Rodadura .	10
1.3.2 Mezcla Asfáltica en Caliente Modificada con Polvo de Caucho, Capa Intermedia	10
1.3.3 Base Asfáltica en Caliente Modificada con Polvo de Caucho, de Graduación Guesa	11
1.4 MECÁNICA DE SUELOS Y MOVIMIENTO DE TIERRA.....	11
1.4.1 Características de los suelos.....	11
1.4.2 Control del suelo y del material árido a utilizar	11
1.4.3 Calicatas.....	12
1.4.4 Clasificación AASHTO (A1 – A8) y Sistema Unificado	12
1.4.5 Agregados (Áridos) para muestras asfálticas y rellenos.	17
1.4.6 Proctor	21
1.4.7 Proctor Normal.....	21
1.4.8 Capacidad de soporte CBR (California Bearing Ratio).....	22
1.4.9 Desgaste en máquina de los Ángeles.....	23

CAPÍTULO 2. DESARROLLO	30
2.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS OBRAS DE PAVIMENTACIÓN DE.....	30
ASFALTO EN CALIENTE.....	30
2.2 ALCANCE.....	30
2.3 MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	30
2.3.1 Replanteo Geométrico	30
2.3.2 Excavación en Corte.....	30
2.3.3 Rellenos	31
2.3.4 Sub-rasante Natural	31
2.3.5 Sub-rasante Mejorada.....	32
2.3.6 Controles.....	32
2.4 SUB-BASE	34
2.4.1 Materiales	34
2.4.2 Límites de Atterberg.....	35
2.4.3 Desgaste “Los Ángeles”	35
2.4.4 Poder de Soporte California (CBR).....	36
2.4.5 Compactación.....	36
2.4.6 Controles.....	36
2.5 BASE ESTABILIZADA.....	38
2.5.1 Materiales	38
2.5.2 Límites de Atterberg.....	39
2.5.3 Desgaste “Los Ángeles”	39
2.5.4 Poder de Soporte California CBR.....	39
2.5.5 Compactación.....	40
2.5.6 Controles.....	40
2.6 RIEGO DE LIGA	42
2.6.1 Procedimiento de Trabajo.....	43
2.7 IMPRIMACION.....	44
2.7.1 Materiales	44
2.7.2 Procedimiento de Trabajo.....	45
2.8 MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE	47
2.8.1 Materiales	48
2.8.2 Propiedades de las mezclas asfálticas – Mezclas de granulometrías densas, gruesas y finas.....	52
2.8.3 Procedimiento de Trabajo.....	54
2.8.4 Transporte y Colocación.....	54
2.9 TOLERANCIAS	56
2.9.1 Densidad de Compactación.....	57
2.9.2 Compactadores de Asfalto (rodillos).....	58
2.9.3 Terminadora.....	60
2.9.4 Espesores	61
2.9.5 Contenido de Asfalto.....	61
2.9.6 Adherencia.....	62
2.9.7 Representatividad del Muestreo	62

2.9.8 Remuestreos	63
CAPÍTULO 3. PROCESO AMBIENTAL	64
CAPÍTULO 4. CONCLUSIÓN	65
4.1 Comentarios	65
4.2 Conclusiones	66
CAPÍTULO 5. BIBLIOGRAFÍA.....	67
ANEXOS.....	68

SOLO USO ACADÉMICO

INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. 1 Calicatas.....	12
Figura 1. 2 Agregados Naturales	18
Figura 1. 3 Agregados	19
Figura 1. 4 Gráfico de granulometría.....	27
Figura 1. 5 Tamices.....	27
Figura 1. 6 Preparación de suelos	28
Figura 2. 1 Uniformidad de Compactación Sub-rasante Mejorada.....	33
Figura 2. 2 Uniformidad de Compactación Sub-base	37
Figura 2. 3 Uniformidad de compactación Base.....	41
Figura 2. 4 Pasada de rodillo	58
Figura 2. 5 Compactación de asfalto con rodillo	59
Figura 2. 6 rodillo neumático	60
Figura 2. 7 Finisher trabajando con regla del perfil	61

SOLO USO ACADÉMICO

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Granulometria polvo de caucho.....	4
Tabla 1. 2 Propiedades de la mezcla asfáltica con polvo de caucho.....	7
Tabla 1. 3 Sistema de Clasificación AASHTO.....	14
Tabla 1. 4 Sistema de Clasificación U.S.C.S.....	16
Tabla 1. 5 Simbología	17
Tabla 1. 6 Tamices normalizados	25
Tabla 2. 1 Granulometría Sub-base.....	35
Tabla 2. 2 Banda granulométrica base	39
Tabla 2. 3 Banda granulométrica de Áridos: Granulometría Densa	49
Tabla 2. 4 Banda granulométrica de Áridos: Granulometría Gruesa	49
Tabla 2. 5 Control requisitos al Cemento Asfáltico.....	50
Tabla 2. 6 Grado de penetración.....	51
Tabla 2. 7 Requisitos de cemento asfáltico	52
Tabla 2. 8 Exigencias del Método Marshall.....	53

SOLO USO ACADÉMICO

INTRODUCCION

INTRUDUCCION GENERAL

Para toda obra de construcción se debe efectuar un estudio sistemático y completo del suelo donde se construirá. Dicho estudio es la base esencial para producir un soporte necesario, el cual nos brindará un punto de partida para todo trabajo.

En el caso de los pavimentos, sus comportamientos y características deben ser las adecuadas para determinadas solicitudes, como por ejemplo, una autopista de gran tránsito o un pasaje con un pavimento de menos espesor y, en lo posible, que no se produzcan deformaciones o asentamientos que se verán reflejados en las capas subyacentes. Si el suelo no es de total confianza para el diseño del pavimento, se debe realizar excavaciones y rellenos o, como en la mayoría de los casos, compactación de éste para obtener una densidad y humedad óptima, según los ensayos de laboratorios, los cuales nos llevarán a decidir qué tipos de acciones realizar.

Los suelos pueden presentar diferentes características por su finura, comportamiento debido a la humedad y contenido orgánico que puede influir en sus propiedades. Estas características inciden en la resistencia del suelo, por lo que deben clasificar y controlar antes que los trabajos de pavimentación se lleven a cabo, mediante mecánicas de suelo que podrán evidenciar características de éste. Es por ello que, la preparación del área de trabajo, conlleva procurar la remoción de todo material perjudicial para el paquete estructural en el que se busca trabajar.

El asfalto es un material cementante altamente impermeable que permite ayudar a las capas del pavimento dependiendo de su espesor. Así mismo, se considera cohesivo, adherente y resistente a esfuerzos instantáneos, fluyendo bajo la acción de cargas permanentes.

Un pavimento de asfalto en base a polímeros de caucho es altamente flexible, promoviendo un mejor desempeño en vehículos, además de producir superficies uniformes y lisas, cualidades que requieren más trabajo obtenerlas mediante el hormigón. De manera análoga, proporciona una buena unión y cohesión entre los agregados, incrementando por ello, la resistencia con espesores relativamente pequeños. Del mismo modo, tiene la capacidad de resistir la acción mecánica de disgregación producidas por las cargas de los vehículos. Por último, se considera como un agente que impermeabiliza la estructura de pavimento, protegiéndolo de la penetración del agua y la humedad.

Hoy en día las plantas de reciclaje y procesadoras de caucho se encuentran produciendo partículas de caucho para la utilización de asfalto, Una de ellas, es la empresa productora “QUILIN” quien ya cuenta con asfalto de estas características para la utilización de proyectos viales.

Es por ello que, a través de este planteamiento este trabajo se enmarcara en la confección de un manual de construcción de pavimentos asfálticos en base a esta nueva tecnología; “*polímeros de caucho*”, para la utilización de diferentes tipos de vías; pasajes, locales, servicios, troncales y colectoras, proponiendo así una nueva normativa alternativa para este tipo de tecnología.

SOLO USO ACADÉMICO

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1 MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE MODIFICADAS CON POLVO DE CAUCHO

1.1.2 Descripción y alcances

En esta sección se definen los trabajos de construcción de capas de pavimento constituidas con mezclas asfálticas en caliente modificadas con polvo de caucho mediante el método de vía seca.

1.1.3 Materiales

Áridos

Los áridos deberán clasificarse y acopiarse separadamente en canchas habilitadas especialmente para este efecto, de manera que no se produzca contaminación ni segregación de los materiales. Además deberán ajustarse a los requisitos.

Fracción Gruesa

Corresponde a la fracción retenida en tamiz 2,5 mm (ASTM N°8) y deberá estar constituida por partículas, chancadas, limpias y tenaces que se ajusten a los requisitos para el tipo de mezcla que especifique el proyecto.

Fracción Fina

Corresponde a la fracción que pasa por tamiz 2,5 mm (ASTM N°8), la que deberá estar constituida por agregados provenientes de la trituración de rocas o gravas, debiendo cumplir con las condiciones exigidas al árido grueso sobre Desgaste de los Ángeles. Sus partículas deberán ser duras, tenaces y libres de arcilla o sustancias deleznales.

Polvo Mineral (Filler)

Si se requiere adicionar Filler de aportación, éste deberá estar constituido por polvo mineral fino tal como cemento hidráulico, cal u otro material inerte de origen calizo, libre de materia orgánica y partículas de arcilla, debiendo ajustarse a la granulometría señalada.

Mezcla de Áridos

Las distintas fracciones de áridos deberán combinarse en proporciones tales que la mezcla resultante cumpla con alguna de las bandas granulométricas especificadas.

Cuando la dotación de polvo de caucho sea igual o inferior a 0,5% en peso de los áridos no será necesario tenerlo en cuenta para la elaboración de la granulometría conjunta de áridos. Para porcentajes superiores de polvo de caucho se deberá determinar la curva combinada de áridos y polvo de caucho, que deberá estar comprendida dentro de la banda granulométrica señalada. En la elaboración de la curva granulométrica combinada, se tendrán en cuenta las diferencias de densidad relativa entre el árido y el polvo de caucho (curva granulométrica volumétrica).

Asfalto

Se utilizarán cementos asfálticos del tipo CA 24.

Polvo de Caucho

El polvo de caucho triturado debe cumplir las exigencias de la Norma NCh 3258, Mezcla asfáltica - Polvo de caucho proveniente de los neumáticos fuera de uso. Requisitos:

Requisitos Químicos

La composición química del polvo de caucho se debe informar según los ítems de la Tabla al momento de entrega en la faena.

Tabla 1. 1 Granulometria polvo de caucho

Tamiz	P - 1	P - 2	P - 3
mm	% que pasa		
2,3	100	-	-
1,25	60 - 100	100	-
0,63	30 - 80	40 - 100	100
0,315	15 - 60	10 - 70	30 - 60
0,16	0 - 40	2 - 40	0 - 30
0,08	0 - 20	0 - 20	0 - 18

Fuente: Manual de carretera Vol. 5

Otros Requisitos

- a) El contenido de materiales ferromagnéticos no debe ser mayor que 0,01% en peso del polvo de caucho. Para determinar este contenido, pasar repetidamente un imán sobre una muestra de polvo de caucho de 50 g. Pesar y determinar el porcentaje del material atrapado por el imán.
- b) El contenido de materiales textiles no debe ser mayor que 0.5% en peso del polvo de caucho. Para determinar se debe retirar y pesar, durante el ensayo de granulometría, las aglomeraciones de textiles de cada tamiz. El peso de los materiales textiles no se debe considerar en la granulometría del polvo de caucho.
- c) El contenido de cualquier otro tipo de impurezas, tales como arena, madera, vidrio no debe ser mayor que 0.25% en peso del polvo de caucho. Los contaminantes minerales se deben determinar por separación en solución salina. Para ello, se debe dispersar una muestra de 50g de polvo de caucho en 1 l de agua salina, compuesta por una parte de sal común en tres partes de agua destilada. Dejar reposar un tiempo no menor que 30 min. Se debe considerar como contaminante mineral todo el material que no flote en el agua.

Cada partida debe venir acompañada de una hoja de características, en la que conste, a lo menos, los datos siguientes:

- Composición química
- Curva granulométrica
- Contenido de humedad
- Contenido de partículas metálicas
- Contenido de materiales textiles
- Contenido de otros contaminantes
- Densidad relativa.

1.2 PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO

1.2.1 Dosificación

La dosificación de la mezcla se realizará mediante el Método Asfaltos: Método de Diseño Marshall, previa determinación de los mínimos requeridos de temperatura y tiempo de digestión, para los contenidos de asfalto y polvo de caucho definidos, y debe cumplir con lo indicado.

El Contratista deberá presentar al Inspector Fiscal la dosificación de las mezclas asfálticas modificadas con polvo de caucho antes de comenzar la pavimentación y siempre que tenga producidos como mínimo el 20% de los agregados pétreos a utilizar. La dosificación deberá ser visada por el Laboratorio de Vialidad en un plazo máximo de

25 días desde la fecha de recepción de la solicitud del Inspector Fiscal. El Contratista sólo podrá comenzar la colocación de las mezclas asfálticas cuando haya recibido el visado correspondiente. Si transcurrido el plazo de 25 días antes señalado, el inspector Fiscal no hubiese recibido la respuesta a la dosificación presentada, éste podrá autorizar el inicio de la ejecución de esta partida de la obra.

1.2.2 Propiedades de la Mezcla

Las propiedades de las mezclas asfálticas se determinarán en probetas preparadas en Laboratorio, como se indica a continuación:

- a) Llevará a cabo el proceso de digestión. Estos parámetros se definen mediante la evaluación de la resistencia conservada a la acción del agua, determinada en ensaye de Inmersión – Compresión según Norma NLT-162 complementada con Norma NLT-161, o equivalentemente, en ensaye de Sensibilidad al Agua (tracción indirecta tras inmersión) a temperatura de ensaye de 15°C según Norma UNE-EN 12697-12, complementada con Norma UNE- EN 12697-23.
- b) Combinar las distintas fracciones de áridos para la obtención de la granulometría proyectada (granulometría de diseño).
- c) Calentar los agregados en horno a la temperatura de mezclado y pesar la cantidad de caucho a utilizar. La temperatura de mezclado se fija igual a la temperatura de digestión.
- d) Mezclar los agregados calientes con la cantidad de caucho que corresponda y colocarlos en horno a la temperatura de digestión por aproximadamente 5 minutos para que el caucho aumente su temperatura.
- e) Adicionar a la mezcla de agregados con caucho, el asfalto previamente calentado a la temperatura de digestión, y mezclar por 2 a 3 minutos.
- f) Colocar la mezcla asfáltica en horno para el proceso de digestión, durante el tiempo y a la temperatura definidos con anterioridad.
- g) Retirar la mezcla del horno y remover el material
- h) Compactar en moldes precalentados la mezcla a una temperatura 10°C más baja que la de digestión. La preparación de probetas varía según método de ensayo; para ensaye de Inmersión Compresión (a presión) se realiza según Norma NLT-162 y para ensaye de sensibilidad al agua se realiza según el Método 8.302.40, con 50 golpes por cara con el martillo Marshall.

- i) Dejar reposar por 24 horas antes de extraer la probeta del molde. Remover la probeta a temperatura ambiente.

La mezcla asfáltica deberá cumplir además con los requisitos que se indican en la siguiente tabla.

Tabla 1. 2 Propiedades de la mezcla asfáltica con polvo de caucho

Requisito	Exigencia
Contenido de caucho c/r al peso del agregado [%]	0.5 – 1.0
Tiempo de digestión [hrs.]	Informar
Temperatura de digestión [°C]	Informar
IRC [%] ⁽¹⁾	Mín. 75
ITSR [%] ⁽²⁾	Mín. 85

Fuente: Manual de carretera Vol. 5

(1) Índice de Resistencia Conservada en ensaye de Inmersión compresión (25°C) según Norma NLT-162, complementada con norma NLT-161.

(2) Índice de Resistencia Conservada a 15°C en ensaye de Tracción indirecta tras inmersión según Norma UNE-EN 12697-12, complementada con Norma UNE-EN 12697-23 (probetas compactadas por impacto con 50 golpes por cara).

En la fórmula de trabajo, además de lo indicado en el Método, deberá quedar establecido el tiempo mínimo que debe transcurrir entre la fabricación de la mezcla y la puesta en obra antes de la compactación (tiempo de digestión), que no será inferior en ningún caso a 60 min.

Además de la fórmula de trabajo, se deben incluir los datos relativos a las variaciones de las características de la mezcla con contenidos de asfalto de $\pm 0.3\%$, respecto del contenido óptimo.

El tiempo de mezclado se deberá aumentar, respecto del de una mezcla convencional, para garantizar el mezclado homogéneo del polvo de caucho con los áridos y su envoltura con el asfalto.

1.2.3 Preparación de la Mezcla

Deberá regirse por lo indicado en el inicio, Producción de las Mezclas, en lo que no se contraponga con esta especificación, teniendo presente que el polvo de caucho se incorpora a los áridos ya calientes y luego se procede a una primera homogenización

durante un tiempo adecuado. A continuación, se introducirá el ligante asfáltico para cada cantidad de mezcla a producir, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo de digestión especificado en la fórmula de trabajo.

Características de la Planta Mezcladora

La mezcla será preparada en planta, con las características exigidas, *Características de la Planta Mezcladora*, que no se contrapongan con estas especificaciones y que permitan reproducir las dosificaciones, incorporando el polvo de caucho al árido caliente, para que, luego de mezclarlos, se incorpore el asfalto. Adicionalmente, la planta deberá estar provista de dosificadores ponderales para el polvo de caucho, cuya precisión sea superior a tres por mil ($\pm 0,3\%$).

1.2.4 Controles

Durante el proceso de preparación de las mezclas se deberán efectuarse los siguientes controles:

- Granulometría del caucho
- Cantidad de caucho incorporado
- Temperatura y tiempo de digestión.

La temperatura de los áridos y del cemento asfáltico debe estar de acuerdo con la formulación en laboratorio. La temperatura máxima de la mezcla al salir del mezclador no será inferior a la temperatura de digestión ni superior a 180°C. La temperatura mínima de la mezcla al salir del mezclador debe ser aprobada por el Inspector Fiscal, de forma que la temperatura de la mezcla en la descarga de los camiones sea superior al mínimo fijado.

Es de suma importancia considerar el tiempo de digestión de la mezcla asfalto-caucho antes de realizar la compactación. Este tiempo de digestión se logra considerando los tiempos de fabricación de la mezcla, transporte y colocación en terreno.

La tolerancia admisible, respecto de la dotación de asfalto de la fórmula de trabajo, corregida con los correspondientes factores de corrección previamente establecidos en laboratorio, será de tres por mil ($\pm 0,3\%$) en masa, del total de áridos (incluido el polvo mineral).

1.2.5 Preparación de la Superficie

Antes de iniciar las faenas de colocación de las mezclas asfálticas, se deberá verificar que la superficie satisfaga los requerimientos establecidos en la Imprimación, si corresponde a una base granular bien compactada, Riego de Liga, si corresponde a un pavimento.

1.2.6 Transporte y Colocación

Requisitos Generales

Serán los establecidos en características de la planta mezcladora, lo que no se contraponga con lo indicado a continuación.

Durante el transporte, los camiones tolva deben estar cubiertos con lonas o cobertores que aseguren un buen aislamiento térmico de la mezcla con el medio ambiente.

Cuando la temperatura ambiente a la sombra, sea inferior a 12°C, con tendencia a disminuir, no se permitirá la puesta en obra de la mezcla. Antes de verter la mezcla del elemento de transporte a la tolva de la extendedora, se comprobará su aspecto y se medirá su temperatura. También se verificará que se ha cumplido el periodo de digestión establecido en la fórmula de trabajo.

Compactación

Los rodillos deben seguir muy de cerca a la terminadora. La compactación se realizará según el plan aprobado por el Inspector Fiscal; se deberá hacer a la mayor temperatura posible, sin rebasar la máxima prescrita en la fórmula de trabajo.

Una vez esparcidas, enrasadas y alisadas las irregularidades de la superficie, la compactación de una capa asfáltica se controla a partir de la medición de la densidad. La medición se realiza a partir de testigos extraídos del pavimento, de acuerdo con los criterios de compactación asfáltico manual de pavimentación SERVIU RM, Tolerancia y Multas

1.2.7 Apertura al Tránsito

La apertura al tránsito podrá realizarse cuando la mezcla alcance la temperatura ambiente.

1.2.8 Tolerancias y Multas

Macro textura y Coeficiente de Fricción

La superficie de la capa deberá presentar una textura homogénea, uniforme y exenta de segregaciones. Únicamente a efectos de recepción de capas de rodadura, la macro textura y la resistencia al deslizamiento.

Espesor

El espesor de una capa asfáltica se controla a partir de la medición del espesor. La medición se realiza en testigos extraídos del pavimento.

Contenido de Asfalto

La dotación de asfalto, en conjunto con la del polvo de caucho, se determinará, en relación con el peso del agregado o por ignición. La dotación del cemento asfáltico, corregido con los correspondientes coeficientes de calibración previamente establecidos en laboratorio.

Control de Irregularidad Superficial

La evaluación del IRI se realizará sólo para la capa superficial, según el procedimiento *Control de Rugosidad (IRI)*. De no especificarse control de IRI, las bases podrán disponer el control de lisura.

1.3 PARTIDAS DEL PRESUPUESTO Y BASES DE MEDICIÓN

En las ETE del Proyecto se establecerán las características pertinentes de la capa o capas asfálticas en caliente modificadas con polvo de caucho, respecto del tipo de asfalto y granulometría a emplear. Las partidas que se establecen a continuación incluyen el suministro de todos los materiales, equipos y mano de obra necesarios para la confección de las mezclas en caliente, incluso su transporte laboratorio, se evalúa colocación, compactación, terminación y demás trabajos y actividades requeridos para cumplir con lo especificado en esta Sección.

Cuando se trate de un recapado sobre un pavimento existente, y el proyecto especifique cotas preestablecidas de rasante para dicho recapado, el volumen de mezcla de nivelación de la capa inferior se determinará geométricamente y se considerará para efectos de pago en la partida correspondiente. En caso contrario, el suministro y colocación de la mezcla de nivelación será por cuenta del contratista.

1.3.1 Mezcla Asfáltica en Caliente Modificada con Polvo de Caucho, Capa de Rodadura

Se cuantificará por metro cúbico (m³) de mezcla asfáltica en caliente modificada con polvo de caucho, capa de rodadura, de acuerdo con las dimensiones teóricas de ancho, espesor y largo, en las cantidades que sean requeridas por el Proyecto y aprobadas por el Inspector Fiscal.

1.3.2 Mezcla Asfáltica en Caliente Modificada con Polvo de Caucho, Capa Intermedia

Se cuantificará por metro cúbico (m³) de mezcla asfáltica en caliente modificada con polvo de caucho, capa intermedia, de acuerdo con las dimensiones teóricas de ancho, espesor y largo, en las cantidades que sean requeridas por el Proyecto y aprobadas por el Inspector Fiscal.

1.3.3 Base Asfáltica en Caliente Modificada con Polvo de Caucho, de Graduación Gruesa

Se cuantificará por metro cúbico (m³) de base asfáltica en caliente modificada con polvo de caucho, de graduación gruesa, de acuerdo con las dimensiones teóricas de ancho, espesor y largo, en las cantidades que sean requeridas por el Proyecto y aprobadas por el Inspector Fiscal.

1.4 MECÁNICA DE SUELOS Y MOVIMIENTO DE TIERRA.

1.4.1 Características de los suelos

Los suelos son un conjunto de partículas minerales que se producen por la desintegración mecánica o descomposición química de rocas.

Entre las propiedades de los suelos se encuentran: el color, la distribución del tamaño de las partículas, consistencia, textura, estructura, porosidad, atmósfera, densidad, humedad, pH, materia orgánica, capacidad de intercambio iónico, sales solubles y óxidos amorfos-silice alúmina y óxidos de hierro libres.

Las propiedades físicas, las mineralógicas, las químicas y biológicas determinan la productividad de un suelo. Los agregados son los responsables de la capacidad de carga del pavimento.

Los suelos tienen determinada capacidad de resistir cargas a diferentes estratos o cotas, esto quiere decir la capacidad de soporte por la densidad y humedad que son determinadas por el ensaye del proctor y luego el CBR (Razón de Soporte California).

1.4.2 Control del suelo y del material árido a utilizar

En nuestro país existen laboratorios especializados y acreditados ante el Instituto Nacional de Normalización (INN), los cuales realizan diferentes controles a los suelos y rellenos que reciben solicitudes para una obra de construcción. Algunos de éstos, son el Laboratorio Nacional de Vialidad, IDIEM, el DICTUC, Simet, Tecnolab, Geocontrol, DECON UC y también existen empresas consultoras de estudios de ingeniería del suelo, que recogen antecedentes a través de un conocimiento de la zona y el terreno. También el contratista deberá disponer y operar según se estipule, de un laboratorio de autocontrol, que esté calificado y certificado para los requerimientos de un proyecto.

El conocimiento y determinación del comportamiento del suelo a diferentes cargas se conoce como mecánica de suelos.

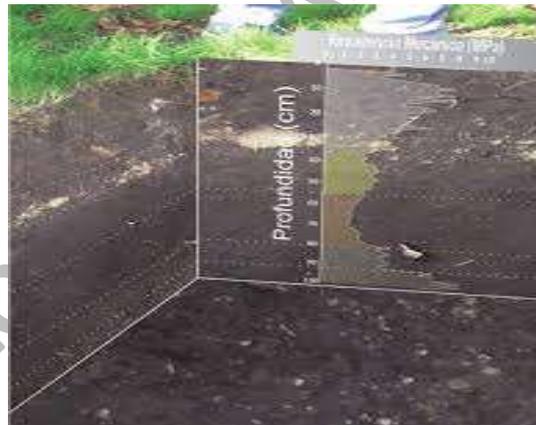
1.4.3 Calicatas

En un muestreo de suelos se debe obtener material a diferentes cotas para determinar su procedencia exacta y tener muestras representativas de pétreos finos, gruesos e integrales para realizar ensayos.

La extracción de muestras es de inspección directa y está normalizada por la NCh 164 Of 76 y LNV 64, donde se define que el muestreo puede realizarse de muestras de yacimiento o removidas de su depósito natural.

Para el caso de las calicatas, se realizan muestreos del depósito natural a diferentes estratos de suelo, con lo cual se puede determinar por medio de una estratigrafía realizada por personal debidamente experimentado, a qué material puede pertenecer una muestra y posteriormente determinar que ensayos de laboratorio se deben efectuar. Estas muestras se deben envasar, para mantener su humedad si son muestras no perturbadas y deben ir correctamente identificadas hacia el laboratorio.

Figura 1. 1 Calicatas



Fuente: Obra Araucaria, Colina.

1.4.4 Clasificación AASHTO (A1 – A8) y Sistema Unificado

Un sistema de clasificación de suelos es una agrupación de éstos con características similares. A través del conocimiento de las características, se pueden estimar las propiedades de un suelo por comparación con otros del mismo tipo. Éstas están orientadas a fines de ingeniería y contienen muchas propiedades y combinaciones esenciales para las obras viales.

1.4.4.1 Clasificación AASHTO

Es uno de los primeros sistemas en crearse para la clasificación, para evaluar los suelos sobre se construían las carreteras en USA denominándose sistema AASHTO (“América Association of State Highway and Transportation Officials”).

Se describe un procedimiento para clasificar suelos en siete grupos, basado en determinaciones de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad. La evaluación de cada grupo se hace mediante un “índice de grupo” y se calcula por la fórmula empírica:

$$IG = (F - 35) \{0,2 + 0,005 (Wl - 40)\} + 0,01 (F - 15) (IP - 10)$$

Donde:

F= Porcentaje que pasa por 0.08 mm, expresado en números enteros. Este porcentaje está basado solamente en el material que pasa por 80 mm.

Wl: Límite Líquido

IP: Índice de Plasticidad

Se informa en números enteros y si es negativo se informa igual a 0.

El grupo de clasificación, incluyendo el índice de grupo, se usan para determinar la calidad relativa de suelos de terraplenes, material de subrasante, sub-bases y bases. Dentro de la tabla se puede encontrar con los resultados los grupos de izquierda a derecha y el correcto se determina por eliminación. El primer grupo desde la izquierda que satisface los datos es la clasificación correcta.

Todos los valores límites son enteros, y si el resultado de los datos es decimal se debe aproximar al entero más cercano.

Tabla 1. 3 Sistema de Clasificación AASHTO

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO											
Clasific. General	Suelos Granulares (≤ 35% pasa 0,08 mm)						Suelos Finos (> 35% Bajo 0,08 mm)				
Grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Sub-Grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6*	A-2-7*				A-7-5** A-7-6**
2 mm	≤ 50										
0,5 mm	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
0,08 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35				≥ 36			
WL				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
IP	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Descripción	Gravas y Arenas		Arena Fina	Gravas y Arenas Limosas o Arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
	** A - 7 - 5 : IP ≤ (WL - 30)						** A - 7 - 6 : IP > (WL - 30)				
	$IG = (B / 0,08 - 35) (0,2 + 0,005 (WL - 40)) + (B / 0,08 - 15) (IP - 10) \times 0,01$										
	* Para A - 2-6 y A - 2-7 : $IG = (B / 0,08 - 15) (IP - 10) \times 0,01$ Si el suelo es NP → $IG = 0$; Si $IG < 0 \rightarrow IG = 0$										

Fuente: Manual del laboratorista vial.

El valor del índice de grupo debe ir siempre en paréntesis después del símbolo de grupo como: A-2-6 (3); A-7-5 (17); etc.

En este método se define:

Grava: Material que pasa por 80 mm y es retenido en tamiz de 2mm.

Arena gruesa: Material comprendido entre 2 mm y 0,5 m.

Arena fina: Material comprendido entre 2 mm y 0,5 mm.

Limo arcilla: Material que pasa por la malla 0,08 mm.

El término de material granular se aplica en aquellos con 35% o menos bajo tamiz 0,08 mm; limoso a los materiales finos que tienen un índice de plasticidad 11 o menor; y arcilloso se aplica a los materiales finos que tienen índice de plasticidad 11 o mayor. El limo arcilla, contienen más del 35% bajo malla 0,08 mm.

Cuando se calcula índices de grupo de los subgrupos A-2-6 y A-2-7, use solamente el término del índice de plasticidad de la fórmula.

Cuando el suelo es NP o cuando el límite líquido no puede ser determinado, el índice de grupo se debe considerar (0)

Si un suelo es altamente orgánico (turba) puede ser clasificado como A-8 sólo con una inspección visual, sin considerar el porcentaje bajo 0,08 mm, límite líquido e índice de plasticidad. Generalmente es de color oscuro, fibroso y olor putrefacto.

1.4.4.2 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos USCS (ASTM D2487-00)

Es una clasificación precisa, por dividir los suelos en suelos minerales y suelos orgánico-minerales, basada en las características de tamaño de las partículas, el índice plástico y el límite líquido, siendo la clasificación más usada en nuestro país en aspecto de reconocimiento.

Esta clasificación define grupos de suelos, los cuales obtienen un símbolo de grupo que pasan sobre la malla 3" (75 mm).

- Arcilla: Es un árido que pasa la malla 200, que con cierta adición de agua, tiene cierta plasticidad, obteniendo propiedades parecidas a la greda, y que cuando se seca al aire, muestra una resistencia considerable. Es un suelo o parte de él, de grano fino, con un índice de plasticidad mayor o igual a 4 y queda en o sobre la línea "A" en el gráfico de IP versus límite líquido.
- Grava: Son áridos de roca que se divide en:
 - Grava gruesa: Fracción que pasa la malla 3" (75 mm) y queda retenida en la malla ¾" (20 mm).
 - Grava fina: Fracción que pasa la maya ¾" (20 mm) y queda retenida en la malla N°4 (5 mm).
- Arcillas Orgánicas: Es una arcilla con contenido orgánico que influye en las propiedades del suelo. Podría ser clasificada como arcilla de no ser por su límite líquido después del secado al horno (en laboratorio) es menos que el 75% de su límite líquido antes de secarse al horno.
- Limo Orgánico: Es un suelo de grado fino con contenido orgánico suficiente para influir en las propiedades del suelo. Podría ser clasificado como Limo de no ser por su límite líquido después del secado al horno. Es menos que el 75% de su límite líquido antes de secarse al horno.
- Turba: Es un suelo compuesto por el tejido vegetal, en varios estados de descomposición, de color café oscuro a negro, con olor orgánico, consistencia esponjosa y textura de robusta a amorfa.

- Arena: Árido de roca que se divide en:
 - Arena gruesa: Que pasa por la malla N°4 (5 m) y queda retenida en la malla N°10 (2 mm)
 - Arena media: Que pasa por la malla N°10 (2 mm) y queda retenida en la malla N°40 (0,425 mm).
 - Arena fina: Que pasa por la mala N°40 (0,425 mm) y queda retenida en la malla N°200 (0,075 mm).
- Limo: Es un suelo que pasa la malla N°200 (0,075 mm) que no tiene o es muy poca su plasticidad y que presenta una pequeña o ninguna resistencia cuando es secado al aire. Es un suelo de grano fino, o de la parte fina, que tiene un IP menor que 4 o que cae bajo la línea “A” es un gráfico de IP versus límite líquido.

Este sistema de clasificación registra tres divisiones importantes de suelos, que son los suelos finos, los suelos granulares y suelos altamente orgánicos, y todos estos se subdividen en un total de 15 grupos de suelos.

Tabla 1. 4 Sistema de Clasificación U.S.C.S

SIST. DE CLASIFICACION USCS						SIST. DE CLASIFICACION USCS				
Gruesos (< 50% pasa 0.08 mm)						Finos (> 50% pasa 0.08 mm)				
Tipo Suelo	Simbolo	% Ret. en 5 mm	% Pasa 0.08 mm*	CU	CC	** IP	Tipo Suelo	Simbolo	Lim. Liq. W_L	* IP
Grava	GW	>= 50% de la Ret. en 0.08 mm.	<5	>4	1 a 3		Limo Inorgánico	ML	<50	< 0.73(W_L-20) ó <4
	GP			Si no cumple requisito de GW es GP				MH	>50	< 0.73(W_L-20)
	GM		>12			<0.73(W_L-20) ó <4	Arcillas Inorgánicas	CL	<50	> 0.73(W_L-20) y >7
	GC					>0.73(W_L-20) y >7		CH	>50	> 0.73(W_L-20)
Arena	SW	< 50% de la Ret. en 0.08 mm.	<5	>6	1 a 3		Limo o Arcillas orgánicas	OL	<50	** W_L seco al horno <=75% del W_L seco al aire
	SP			Si no cumple requisito de SW es SP				OH	>50	
	SM		>12			<0.73(W_L-20) ó <4	Altamente Orgánicos	P_I	Materia Orgánica fibrosa se carboniza, se quema o se pone incandescente	
	SC					>0.73(W_L-20) y >7				
* Entre 5 y 12 % usar simbología doble como GW-GC, GP-GM, SW-SM, SP-SC						* Si $IP \leq -0.73(W_L-20)$ ó si IP entre 4 y 7 e $IP > 0.73(W_L-20)$, usar simbología doble: CL-ML, CH-OH				
** Si $IP = -0.73(W_L-20)$ ó si IP entre 4 y 7 e $IP > 0.73(W_L-20)$, usar simbología doble: GM-GC, SM-SC						** Si tiene olor orgánico debe determinarse adicionalmente w_l seco al horno				
En casos dudosos favorecer la Clasificación menos Plástica. Ej GW-GM en vez de GW-GC						En casos dudosos favorecer la Clasificación menos Plástica. Ej CH-MH en vez de CL-ML				
CU = $(\Phi 60 / \Phi 10)$				CC = $(\Phi 30^2 / (\Phi 60 * \Phi 10))$		Si $w_l = 50$; CL-CH ó ML-MH				

Fuente: Manual del laboratorista vial.

A través de ensayos en laboratorios y exámenes visuales, el suelo es catalogado en grupos básicos, como son las gravas y las arenas, y por sus características desde un punto de vista de ingeniería de suelo. De esto, se asignan un nombre de grupo y un símbolo de información descriptiva, para describir un suelo, para ayudar en la evaluación de sus propiedades significativas para uso de ingeniería.

Tabla 1. 5 Simbología

GW	Ripio bien graduado
GP	Ripio mal graduado
GC	Ripio arcilloso
GM	Ripio limoso
SW	Arena bien graduada
SP	Arena mal graduada
SC	Arena arcillosa
SM	Arena limosa
ML	Limo baja compresibilidad
MI	Limo media compresibilidad
MH	Limo alta compresibilidad
CL	Arcilla baja plasticidad
CI	Arcilla media plasticidad
CH	Arcilla alta plasticidad
OL	Suelo orgánico baja compresibilidad
OI	Suelo orgánico media compresibilidad
OH	Suelo orgánico alta compresibilidad

Fuente: Manual del laboratorista vial.

Según este sistema, se clasifican suelos de cualquier lugar geográfico en categorías que representan los resultados de ensayos de laboratorios para determinar las características de tamaño de partículas, el límite líquido y el índice de plasticidad.

1.4.5 Agregados (Áridos) para muestras asfálticas y rellenos.

Agregados procedentes de minas o canteras: El ripio y la arena, son agregados naturales, los cuales se obtienen directamente en minas o bancos. Son partículas de roca las que se forman por el desgaste y degradado de las rocas por procesos de la naturaleza, que son físicos y químicos.

Las partículas formadas por la degradación, son transportadas por el viento, el agua o hielos deslizantes. Los rípios son encontrados con alguna porción de arena y posiblemente limo. Las arenas de mar son materiales de tamaño uniforme y las arenas de río casi siempre contienen grandes cantidades de ripio, limo y arcilla.

Figura 1. 2 Agregados Naturales



Fuente: Obra Araucaria, Colina.

Agregados procesados: Incluyen al ripio natural, que es a veces triturado para hacerlo más apropiado para su uso en mezclas asfálticas, ya que cambia la textura superficial de las partículas redondeadas en partículas angulosas.

La roca partida proviene de la trituración de fragmentos extraídos de yacimientos o de grandes rocas, teniendo las partículas sus caras fracturadas. Este puede ser tamizado para obtener el tamaño deseado y si no se llama “triturado sin cribar” si la graduación es buena para ser usada en pavimentos.

En la trituración de la piedra caliza, el polvo resultante puede ser usado como arena triturada y procesarlo, aún más, para ser relleno mineral llamado “Filler” en mezclas de pavimentación.

Agregados sintéticos o artificiales: Son subproductos del refinamiento de minerales, o ser especialmente producidos o procesados a partir de materiales crudos, para ser usados como agregados.

Uno de los más usados son las escorias de alto horno (producto de la fusión mineral de hierro en altos hornos) el cual no es material metálico y flota en el hierro derretido. Son livianos y tienen gran resistencia al desgaste.

Otros agregados son obtenidos por procesos de cocción o fusión y proceden de arcillas, pizarras, lutitas, tierras de diatomeas, etc.; son cenizas volcánicas, arcillas expandidas y materiales similares.

Figura 1. 3 Agregados



Fuente: Petros Quilín

1.4.5.1 Evaluación de los agregados

1.4.5.2 Tamaño y Granulometría

El tamaño máximo de un agregado es el de la malla más reducida por la cual pasa el 100% del material. El tamaño máximo nominal es de la malla de mayor abertura que retiene alguna partícula de material. El tamaño máximo y la granulometría de los agregados son invariablemente controlados por especificaciones, las cuales prescriben la distribución por tamaño de partículas que deberá cumplir un agregado en particular. Los agregados son descritos a veces, en base a su granulometría.

1.4.5.3 Limpieza

Algunos agregados contienen ciertas sustancias extrañas que los hacen inadecuados para mezclas asfálticas, a menos que sea reducida. Las especificaciones para tales agregados contienen una sección donde indica y se limita las cantidades de material extraño.

Los materiales típicos desechables son sustancias orgánicas, esquitos, partículas livianas, terrones de arcillas y arcillas recubriendo las partículas de agregado grueso.

La limpieza del agregado frecuentemente se puede determinar por inspección visual, pero un tamizado por vía húmeda, generalmente, da una mejor definición al respecto.

1.4.5.4 Resistencia al desgaste

Los agregados pétreos están sujetos a una rotura adicional y a un desgaste por abrasión durante el proceso de elaboración, colocación y compactación de la mezcla asfálticas.

Además, sufre abrasión por las cargas de tránsito. Deben tener la capacidad de resistir la trituración, degradación y desintegración. El agregado del pavimento y las capas cercanas, requiere una resistencia mayor que el agregado de las capas inferiores, ya que las cargas resultan disipadas o no son tan concentradas (dentro de ciertos límites).

El ensayo de desgaste de los Ángeles, mide la resistencia a la abrasión del agregado mineral. El equipo y procedimiento son detallados más adelante.

Una resistencia relativamente alta al desgaste es deseable a los agregados a utilizar en capas superficiales de pavimentos asfálticos.

1.4.5.5 Textura superficial

Influye en la trabajabilidad y resistencia de las mezclas asfálticas. La textura superficial, ha sido frecuentemente considerada más importante que la forma de las partículas de agregados.

Una textura superficial rugosa, opuesta a una superficie lisa, tiende a incrementar la resistencia de la mezcla y requiere un porcentaje adicional de asfalto para compensar la pérdida de trabajabilidad.

Los vacíos en el agregado mineral compactado, son además casi siempre mayores, lo cual provee un espacio extra para el aumento necesario de asfalto.

Los agregados triturados, producen una superficie rugosa y la película de asfalto se adhiera mejor y de modo más efectivo a estas superficies.

1.4.5.6 Forma de la partícula

Esta altera la trabajabilidad de la mezcla, como así el esfuerzo necesario de compactación para obtener la densidad requerida, y la resistencia de la mezcla. Las partículas irregulares y angulosas (trituradas, algunas gravas y arenas naturales) tienen a trabarse cuando son compactadas y a resistir el desplazamiento.

Las partículas redondeadas son usadas con éxito en las mezclas asfálticas para pavimentación, y la densidad es más alta, pero la cantidad de asfalto es el factor crítico de las mezclas de granulometría cerrada. Muchas mezclas contienen partículas de agregados angulares, agregado grueso, redondeados y arena natural. Tales mezclas, confían en la resistencia principalmente al agregado triturado y a la trabajabilidad y compactibilidad a las partículas redondeadas de arena.

1.4.5.7 Absorción

Un agregado poroso absorberá asfalto, lo cual produce que una mezcla asfáltica sea seca o menos cohesiva. En estas mezclas se incorpora una cantidad extra de asfalto, para

satisfacer la absorción del agregado. La escoria de altos hornos y muchos agregados sintéticos o manufacturados, son livianos y altamente porosos, pero poseen otras cualidades como su escaso peso y su resistencia con lo cual se consideran para pavimentos asfálticos.

1.4.5.8 Afinidad con asfalto

La separación de la película de asfalto del agregado por acción del agua (descubrimiento) puede ser que este material no sea conveniente para usarlo en mezclas asfálticas de pavimentación. Si tienen gran resistencia al descubrimiento de la película asfáltica, como piedras calizas, dolomitas, y basalto, son usualmente convenientes en las mezclas para pavimentos asfálticos.

Cuando se deba usar agregados no convenientes, se debe tener en cuenta si se alcanza la relación de densidad - vacíos deseable mediante el ajuste de la dosificación y el contenido de asfalto. También se puede regular la granulometría del material cuestionado, al combinar los agregados con otros que si tengan afinidad con la mezcla. La reducción de los vacíos con la selección del contenido apropiado de asfalto, dará al pavimento compactado mayor impermeabilidad.

1.4.6 Proctor

Este ensaye es para determinar la relación de humedad con la densidad de un suelo, descrito en la NCh 1534 Of. I y II-79 y en el Manual de Carretera. Se divide en dos ensayes denominados Proctor Normal (estándar) y Proctor Modificado que es el más comúnmente utilizado.

1.4.7 Proctor Normal

Es un proceso para determinar la relación entre humedad y densidad de un suelo compactado en un molde metálico y cilíndrico normalizado, mediante un pisón de 2.5 Kg. Que compacta de una altura de 305 mm, con una energía especificada de compactación de $0,59 \text{ J/cm}^3$ (o 6 Kgf cm/cm^3), realizado por un laboratorista o a través de una máquina certificada, en suelos que no permitan obtener una curva definida de relación humedad/densidad y que contengan menos de un 12% de áridos menores que 0,080 mm (malla N°200), se debe determinar la densidad relativa en suelos no cohesivos.

Si el material a ensayar no está especificado y pasa por la malla de 5 mm, se rige por un Método A, con un molde de 10 mm de diámetro. Para los materiales especificados se utilizarán los siguientes métodos: B con molde de 150 mm de diámetro para material de suelo que pasa por la malla de 5 mm; C con molde de 100 mm de diámetro, para material de suelo que pasa por la malla de 20 mm; y D con molde de 150 mm de diámetro para material de suelo que pasa por la malla de 20 mm.

1.4.7.1 Ensaye

Para realizar el ensaye la muestra de suelo, se debe secar a una temperatura menor a 60°C hasta que se vuelva desmenuzable y luego se pasara a través de la malla que corresponda, según el método especificado, desechando el material retenido.

Se tomarán 5 fracciones de la muestra tamizada, con diferentes tipos de humedad, próximas a la humedad óptima. Luego, se curan las fracciones para que las fases líquidas y sólidas se mezclen homogéneamente.

Se coloca una capa (de una de las fracciones) de material en el molde con su collar hasta un tercio de altura, la primera y luego dos capas más, compactando una a una (25 o 56 golpes) y al compactar la última capa, debe quedar un pequeño exceso de material sobre el molde. Luego se retira el collar y se enrasa tapando los agujeros superficiales con material fino. Luego se pasa calculando la masa del suelo compactado, restando la masa del molde, y la densidad húmeda será el resultado de la masa del suelo compactado, dividida por el volumen del molde. Luego se extraen dos muestras representativas a las cuales se le determinará la humedad compactada, de acuerdo a la NCh 1515 Of. 79 registrándose como (w).

Luego se repite el proceso con las otras fracciones desde la condición más seca a la más húmeda hasta que haya un decrecimiento en la densidad húmeda del suelo.

Se calculará la densidad seca del suelo compactado para cada determinación con lo cual se construirá un gráfico donde la humedad óptima (w_o) será el punto máximo de la curva y correspondiente a ésta, se determinará la Densidad Seca Máxima.

1.4.7.2 Proctor modificado

El procedimiento es casi el mismo que el del proctor normal, pero varía en varias cosas que se explicarán a continuación:

- En el proctor modificado se usa un pisón más pesado de 4.5 Kg. (Masa de 4.500 ± 10 g) en caída libre con una altura mayor de 460 mm (± 2 mm), con una energía específica de compactación de $2,67 \text{ J/cm}^3$ (o $27,2 \text{ Kgf cm/cm}^3$).
- En el llenado del molde es diferente, ya que la primera capa es hasta una altura aproximada de un quinto del molde más el collar, con cuatro capas.

1.4.8 Capacidad de soporte CBR (California Bearing Ratio)

El CBR (Razón de Soporte California) es un ensaye que determina el índice de resistencia de suelos y áridos a través, de la compactación de una muestra de suelo a diferentes estratos según una humedad óptima que es controlada en el ensayo. En los pavimentos es esencial saber la capacidad de soporte del suelo de subrasante, algunos materiales de sub-base, capas de rodadura y bases granulares, lo cual, es obtenible gracias a este ensaye.

Este es aplicable a suelos que contengan solamente una pequeña cantidad de material que pasa por el tamiz de 50 mm y retenido en el tamiz de 20 mm.

Para este ensaye se utilizan muestras de un tamaño aproximado de 70 Kg. Se efectúa un cuarteo para determinar dos porciones de 35 Kg. Para los ensayes de proctor y la otra para el ensaye de CBR divididas en cinco porciones. De estas cinco muestras, se compactan al menos tres, en un rango de 90% a 100% de la densidad máxima compactada secada, determinada en el proctor. Se mide la presión necesaria para hacer penetrar un pistón de $49,6 \pm 0,1$ mm de diámetro, en una masa de suelo compactada con humedad óptima en un número de capas igual a las del proctor en un molde cilíndrico de acero, a una velocidad de 1,27 mm/min, para producir deformaciones de hasta 12,7 mm (1/2").

Cuando las muestras se someten a inmersión se debe determinar la humedad antes y después de la compactación (dos muestras) y cada una debe pesar como mínimo 500 grs. Si las muestras no son sumergidas, se determina la humedad después de efectuar la penetración mínima de 7,62 mm. Luego, se enrasa y rellena con material fino para determinar la masa y densidad antes de la inmersión. Luego se coloca un vástago y una placa perforada sobre la probeta de suelo compactado y se aplica cargas hasta producir una sobre carga igual a la ejercida por la estructura de pavimento redondeado a múltiplos de 2,27 Kg. No siendo menor a 4,54 Kg.

Si el material se somete a inmersión, se toman lecturas iniciales de expansión o hinchamiento y después se agrega agua lentamente para dejar sumergidas las probetas durante 96 horas (la expansión la determina un aparato trípode de expansión). Al final del tiempo de inmersión, se toman lecturas finales de expansión y se determinan la masa y la densidad después de haber estado sumergidas. Luego se realizan las sobrecargas mencionadas anteriormente.

Se calcula la curva de tensión que son las cargas aplicadas en la penetración de cada molde y la razón de soporte que es para cada una de las tensiones corregidas con las penetraciones de 2,54 mm dividiéndola por la tensión normal de 6,9 mPa, y para la penetración de 5,08 mm, una tensión corregida que será dividida por la tensión normal de 10,3 mPa. Si no se logra una penetración de 5,08 mm, se debe extrapolar la curva hasta dicho valor para calcular la razón de soporte.

Después usando los mismos datos obtenidos de las probetas, se puede determinar la razón de soporte correspondiente a una densidad seca al dibujar las dos curvas respectivas.

1.4.9 Desgaste en máquina de los Ángeles

El ensayo de desgaste de los Ángeles, mide la resistencia al uso o abrasión de los pétreos mayores a 2,5 mm de densidad neta, entre 2000 y 3000 Kg/m³. Este método está referido de la Norma LNV 75 y NCh 1369-78.

1.4.9.1 Ensaye:

El tambor de la máquina de desgaste es cargado con un peso determinado de partículas de agregado grueso según el grado elegido (número y masa de las esferas, y número de revoluciones), siendo la masa del material de ensaye de 5 a 10 Kg. Se colocan además en el tambor, un peso normalizado de esferas de acero como carga abrasiva. Luego se hace girar el tambor de 500 a 100 revoluciones, según el tamaño de las fracciones y se retira el material.

Se realiza una separación preliminar de la carga abrasiva y se efectúa un tamizado de una malla de tamaño de 2,5 mm o superior, a fin de evitar dañar la malla de corte de 1,7 mm. Después se efectúa el tamizado por la malla de 1,7 mm (ASTM N°12) y se reúne todo el material retenido en ambos tamices, lavándolos y secándolo hasta masa constante en horno a $100 \pm 5^\circ\text{C}$ y se debe dejar enfriar a temperatura ambiente. Se pesa y registra la masa del material retenido como masa fina de la muestra (mf), aproximado a 1 g.

Los cálculos se realizan de acuerdo al porcentaje de pérdida de la masa de la muestra inicial y final registrándose como porcentaje de desgaste.

1.4.9.2 Granulometría

Es la distribución porcentual en masa de los distintos tamaños de partículas que constituyen un pétreo. Se expresa en una curva que indica la cantidad relativa de los diferentes tamaños de partículas contenidas dentro de una muestra de áridos, con respecto a su masa total. La forma de determinarla, consiste en dejar pasar el material a través de una serie de tamices normalizados de abertura sucesivamente decreciente, pasando lo retenido en cada uno de ellos.

Tabla 1. 6 Tamices normalizados

Normas ASTM		Normas NCH
Designacion	Abertural Real(mm)	Designacion (mm)
3"	76,2	80
$2\frac{1}{2}$ "	63,5	63
2"	50,8	50
$1\frac{1}{2}$ "	38,1	40
1"	25,4	25
$\frac{3}{4}$ "	19,05	20
$\frac{1}{2}$ "	12,7	12,5
$\frac{3}{8}$ "	9,52	10
$\frac{1}{4}$ "	6,35	6,3
N° 4	4,76	5
N° 8	2,38	2,5
N° 10	2	2
N° 16	1,19	1,25
N° 30	0,59	0,63
N° 40	0,42	0,5
N° 50	0,297	0,315
N° 100	0,149	0,16
N° 200	0,074	0,08

Fuente: Manual del laboratorista vial.

Para acondicionar la muestra se separa por medio de cuarteo en estado húmedo, la cual está homogeneizada y luego se seca a una temperatura de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$.

El tamizado de las muestras se realizan en dos etapas: Tamizado Inicial y Tamizado Final. Se pesa la masa de cada material retenido en los tamices y se suma junto con lo del depósito receptor.

La granulometría se expresa como porcentaje acumulado que pasa y adicionalmente como porcentaje acumulado retenido y como porcentaje parcial retenido.

Para la expresión gráfica una gran granulometría se dibuja en un gráfico que en su eje horizontal indica la abertura de los tamices (escala logarítmica) y en su eje vertical se representa los porcentajes que pasa por cada tamiz. Las bandas granulométricas son las dos curvas que limitan por la parte superior e inferior la zona que se especifica debe encontrarse un material determinado.

La forma de la curva indica la relación entre los tamaños, una curva empinada corresponde a un suelo uniforme, una curva suave indica un suelo bien graduado, una inflexión de la curva indica que el suelo está compuesto de dos suelos uniformes y es una graduación discontinua o incompleta. Para un análisis mejor, se define:

- Coeficiente de uniformidad (Cu); Se emplea para saber el tipo de graduación, si el coeficiente de uniformidad es mayor a 4 en el caso de la grava y mayor a 6 en la arena el material está bien graduado.

$$Cu = D_{60}/D_{10}$$

- Coeficiente de curvatura (Cc) evalúa la regularidad de la curva, para gravas y arenas bien graduadas, debe estar entre 1 y 3.

$$Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$$

En que:

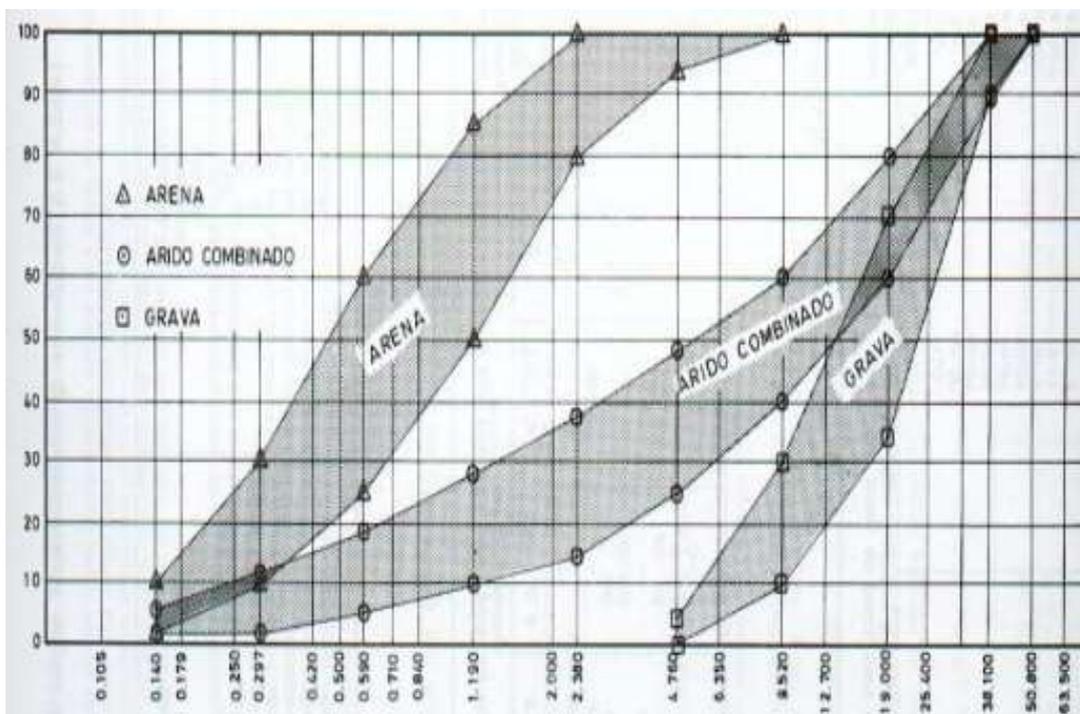
D_{60} = Tamaño según curva granulométrica para el cual pasa el 60% del material.

D_{30} = Tamaño según curva granulométrica para el cual pasa el 30% del material.

D_{10} = Tamaño según curva granulométrica para el cual pasa el 10% del material.

Un material bien graduado tiene mejor estabilidad, menor número de hueco, baja permeabilidad y baja compresibilidad; Las partículas se pueden acomodar mejor.

Figura 1. 4 Gráfico de granulometría



Fuente: Manual del laboratorista vial.

Figura 1. 5 Tamices



Fuente: Laboratorio Decon UC.

1.4.9.3 Preparación de cimentación de suelos

Los suelos aparte de ser el soporte fundamental de una obra de pavimentación, son tratados en su parte inferior por medio de movimiento de tierra (que es tratado con mayor detalle más adelante) y en la superior con sub-bases, bases y capas de rodaduras compuestas de arena, arcillas, gravas o escorias (seleccionadas) y/o materiales triturados que pueden ser la combinación de pétreos o escorias, para mejorarlos en cuanto a su capacidad de resistir cargas y drenaje de agua.

Figura 1. 6 Preparación de suelos



Fuente: Obra Araucaria, Colina.

Características del drenaje y control de humedad

En la construcción de pavimento, se debe tener presente, los efectos desfavorables de un exceso de humedad en el terreno y los daños resultantes por un mal drenaje. El drenaje de un pavimento debe captar, canalizar y evacuar lo más rápido posible las aguas que puedan dañar la estructura. El agua puede llegar al pavimento por:

- Precipitación directa; por escurrimientos desde terrenos adyacentes; por crecidas de canales, acequias, ríos, etc.; por infiltración directa en junta de calzadas; por aumento de caudal en napas subterráneas; en zonas urbanas el escurrimiento subterráneos de aguas producto de filtraciones por roturas de tuberías de alcantarillado y de agua potable.

El agua infiltrada hace variar los contenidos de humedad de los suelos, y en consecuencia, cambian las condiciones mecánicas del suelo, produciendo deformaciones, asentamientos y pérdida de capacidad de soporte.

En algunos de arcillas y limos existentes bajo la sub-rasante, un aumento de humedad produce un aumento de volumen de la masa de suelo que se transmite en el pavimento levantándolo.

En regiones frías la presencia de agua es peligrosa al producirse el congelamiento, habrá cambios bruscos de volumen. En el ciclo hielo-deshielo, justo en el momento del deshielo, puede ocasionar fallas irreparables.

SOLO USO ACADÉMICO

CAPÍTULO 2. DESARROLLO

2.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS OBRAS DE PAVIMENTACIÓN DE ASFALTO EN CALIENTE

Las obras deberán ejecutarse de acuerdo a las presentes especificaciones y a los planos correspondientes, además en cuanto no se opongan a éstas, deberá cumplirse con las Normas del Instituto Nacional de Normalización (I.N.N.).

2.2 ALCANCE

En esta sección se definen los trabajos necesarios para la ejecución de pavimentos con carpeta de rodadura asfáltica, empleando mezclas convencionales. Se incluyen los requisitos para las capas granulares de soporte, el transporte, la distribución y la compactación de la mezcla que será utilizada ya sea para reemplazar la carpeta asfáltica existente o la construcción de nuevas superficies. Otros requisitos técnicos podrán ser evaluados por SERVIU, debiendo formalizarse su presentación por los canales que éste determine.

No obstante lo anterior las especificaciones particulares del proyecto definirán los criterios de aceptación y rechazo, siempre que no atenten con los mínimos que el estado del arte considera como adecuados, privilegiándose aquellas que sean sustentables (ambiental, social y económica).

2.3 MOVIMIENTO DE TIERRAS

2.3.1 Replanteo Geométrico

El Contratista replanteará la solución geométrica del proyecto en planta, definiendo los ejes, vértices y deflexiones en terreno así como las líneas de soleras. No se podrá continuar con las etapas posteriores de la ejecución de las obras, mientras la Inspección Técnica de Obras (I.T.O.) no haya recepcionado satisfactoriamente esta partida registrándola en el Libro de Obras.

2.3.2 Excavación en Corte

En aquellos sectores en que la sub rasante de las calles va en corte, se excavará el material necesario para dar espacio al perfil tipo correspondiente.

En caso de encontrar material inadecuado bajo el horizonte de fundación, deberá extraerse en su totalidad, reponiéndolo con el material especificado en el punto 1.3 y compactándolo a una densidad no inferior al 95% de la densidad máxima compactada seca (D.M.C.S.) del

Proctor Modificado, NCh 1534 II – D, o al 80% de la densidad relativa, NCh 1726, según corresponda.

Por material inadecuado ha de entenderse rellenos no controlados o suelos naturales con un Poder de Soporte California (CBR) inferior en 20 % al CBR de Proyecto. Cuando el 20% o más de las muestras de los CBR de subrasante sea inferior al 80 % del CBR de diseño, el material de la subrasante deberá ser reemplazado por uno que corresponda a lo menos al CBR de diseño, o bien, se deberá rediseñar y aprobar su diseño por el Depto. Proyectos de Pavimentación.

2.3.3 Rellenos

Se formarán con el mejor material proveniente de la excavación o empréstito si se requiere. El CBR mínimo exigible del material será el CBR de diseño.

Todos los materiales que integran el relleno deberán estar libres de materias orgánicas, pasto, hojas, raíces u otro material objetable. El material de relleno deberá contar con visto bueno de la I.T.O.

El material de relleno colocado en capas deberá corresponder al tipo de suelo y al equipo de compactación a emplear. En todo caso, el espesor máximo de la capa compactada será de 0.15 m para suelo fino (arcilla limo); de 0.20 m para finos con granulares y de 0.30 m para suelos granulares.

Podrá aumentarse el espesor de la capa a compactar, si se dispone de equipos modernos y se presenta la debida justificación comprobada en una cancha de prueba, lo que será verificado en terreno por la I.T.O. y contar con el visto bueno del Departamento Proyectos de Pavimentación: En esas condiciones la I.T.O. podrá autorizar el aumento de espesor.

En la formación de las diferentes capas de rellenos se podrán aceptar bolones de tamaño máximo igual a un 1/2 del espesor compactado de la capa y en una proporción tal que quede uniformemente distribuida, sin formar nidos ni zonas inestables. Las capas de rellenos deberán ser compactadas al 95% de la D.M.C.S. del Proctor Modificado, NCh 1534 II – D, o al 80% de la densidad relativa, NCh 1726, según corresponda.

2.3.4 Sub-rasante Natural

Una vez ejecutados los trabajos necesarios para dar los niveles de sub rasante se deberá proceder como se indica:

El suelo se escarificará 0.20 m y se compactará a objeto de proporcionar una superficie de apoyo homogénea, con la excepción de suelos finos del tipo CH y MH, en que se cuidará de no alterar la estructura original del suelo.

La compactación se realizará hasta obtener una densidad mayor o igual al 95% de la D.M.C.S. del Proctor Modificado, NCh 1534 II – D, o al 80% de la densidad relativa, NCh 1726, según corresponda.

El Contratista deberá solicitar la recepción de esta partida antes de proceder a la colocación de la capa estructural siguiente. Para este efecto deberá presentar los resultados obtenidos por el laboratorio de terreno.

La sub-rasante terminada deberá cumplir, además de la compactación especificada, con las pendientes y dimensiones establecidas en el proyecto.

2.3.5 Sub-rasante Mejorada

En los casos en que las Especificaciones Técnicas del Proyecto indiquen un mejoramiento del suelo natural, éste se reemplazará por una sub-rasante mejorada, que consistirá en un material de CBR al menos como el del proyecto.

El Contratista deberá solicitar la recepción de esta partida, antes de proceder a la colocación de la capa estructural siguiente. La sub-rasante mejorada deberá cumplir, además de la compactación especificada, con las pendientes y espesores establecidos en el proyecto.

Una vez conformada la sub-rasante mejorada, se deberá proceder a su compactación hasta obtener una densidad mayor o igual al 95% de la D.M.C.S., obtenida por el ensayo Proctor Modificado, NCh 1534 II – D, o un 80% de la densidad relativa, NCh 1726, según corresponda.

2.3.6 Controles

2.3.6.1 De Compactación

Un ensayo de densidad “in-sitú” cada 350 m² como máximo por capa. Alternativa: cada 50 ml de Calle o Pasaje.

Se controlará la compactación a través del ensayo del cono de arena, sin perjuicio del uso del densímetro nuclear, en forma complementaria cuando corresponda, destacándose que su uso queda restringido tratándose de sub-rasantes de pumicitas o suelos con algún contenido de material granular. .

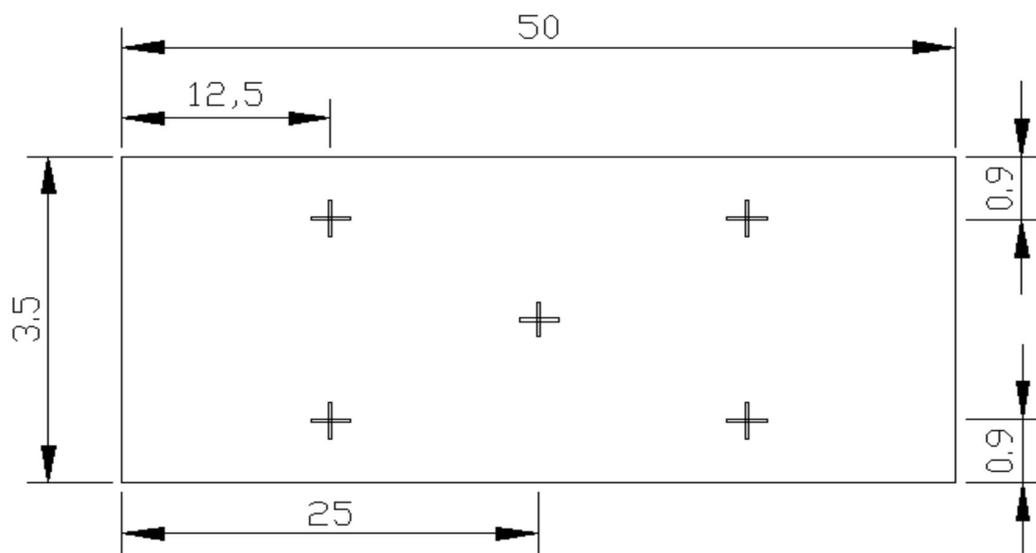
La I.T.O. verificará que el densímetro nuclear se encuentre debidamente calibrado usando como referencia el ensayo del cono de arena. Se aceptará como límite la certificación cada 12 meses y, para cada obra en la que se decida utilizar este instrumento, se deberá previamente establecer con precisión la curva de calibración correspondiente con

resultados obtenidos para el suelo del proyecto en ejecución y usando el ensayo de cono de arena con al menos 10 puntos.

2.3.6.2 De uniformidad de compactación

En caso que la I.T.O. encuentre poco homogénea la uniformidad de compactación de la “capagranular”, solicitará al autocontrol de la Empresa Contratista un control de uniformidad de la compactación realizada a través del cono de arena o equipo Geogauge.

Figura 2. 1 Uniformidad de Compactación Sub-rasante Mejorada



+ Punto de medición de rigidez

Fuente: Código de Norma MINVU.

2.3.6.3 De graduación de la mezcla (Sub-rasante mejorada)

Un ensayo cada 150 m³ o 1 ensayo cada 300 ml de calzada

2.3.6.4 CBR

Un ensayo por calle o pasaje como mínimo. De detectarse heterogeneidad del suelo de sub-rasante o de rellenos, se tomarán otros CBR complementarios.

- Las acciones de control serán realizadas por el laboratorio del Contratista. Este laboratorio deberá encontrarse con inscripción vigente en los registros del Minvu.

2.4 SUB-BASE

La capa de sub-base deberá cumplir las siguientes especificaciones:

2.4.1 Materiales

El material a utilizar deberá estar homogéneamente revuelto, libre de grumos o terrones de arcilla, materiales vegetales o de cualquier otro material perjudicial.

Deberá contener un porcentaje adecuado de partículas chancadas para lograr el CBR especificado y el 60% o más de las partículas retenidas en el tamiz N° 4 ASTM (American Society for Testing and Materials), tendrán a lo menos 2 caras fracturadas.

Esta sub base estará constituida por mezclas naturales o artificiales de agregados granulares y finos de tal manera que estén comprendidos entre la siguiente banda granulométrica.

SOLO USO ACADÉMICO

Tabla 2. 1 Granulometría Sub-base

Tamiz ASTM	% que pasa en peso
2"	100
1"	55-100
3/4"	30-75
N° 4	20-65
N° 10	10-50
N° 40	3-30
N° 200	0-10

Fuente: Manual de carretera Vol. 5

Alternativamente para proyectos particulares que contemplen intervenciones en vías menores (pasaje local y servicio) se podrá usar material de base granular chancada, si el contratista lo propone y es autorizada por el ITO, para vías mayores (colectoras, troncales, metropolitanas) deberá presentarse análisis estructural que justifique el cambio. En proyectos sectoriales solo se aceptaría esta excepción en vías menores y el material se pagara a precio de sub-base, sin posterior apelación.

2.4.2 Límites de Atterberg

La fracción del material que pasa la malla N° 40 deberá tener un límite líquido (L.L.) inferior a 35% y un índice de plasticidad (I.P.) inferior a 8.

2.4.3 Desgaste "Los Ángeles"

El agregado grueso deberá tener un desgaste inferior a un 40% de acuerdo al ensayo de desgaste "Los Ángeles", NCh 1369.

2.4.4 Poder de Soporte California (CBR)

El CBR debe ser igual o superior al 35%. El C.B.R. se medirá a 0.2" de penetración en muestra saturada y previamente compactada a una densidad igual o superior al 95% de la D.M.C.S. obtenida en el ensayo Proctor Modificado, NCh 1534 II – D.

2.4.5 Compactación

La sub-base deberá compactarse hasta obtener una densidad no inferior a un 95% de la D.M.C.S. obtenida en el ensayo Proctor Modificado, NCh 1534 II – D.

2.4.6 Controles

2.4.6.1 Compactación

En la capa de sub-base, se efectuará un ensayo de Densidad " in situ " cada 500 m2 como máximo.

Alternativa: cada 75 ml de calzada de calle o pasaje.

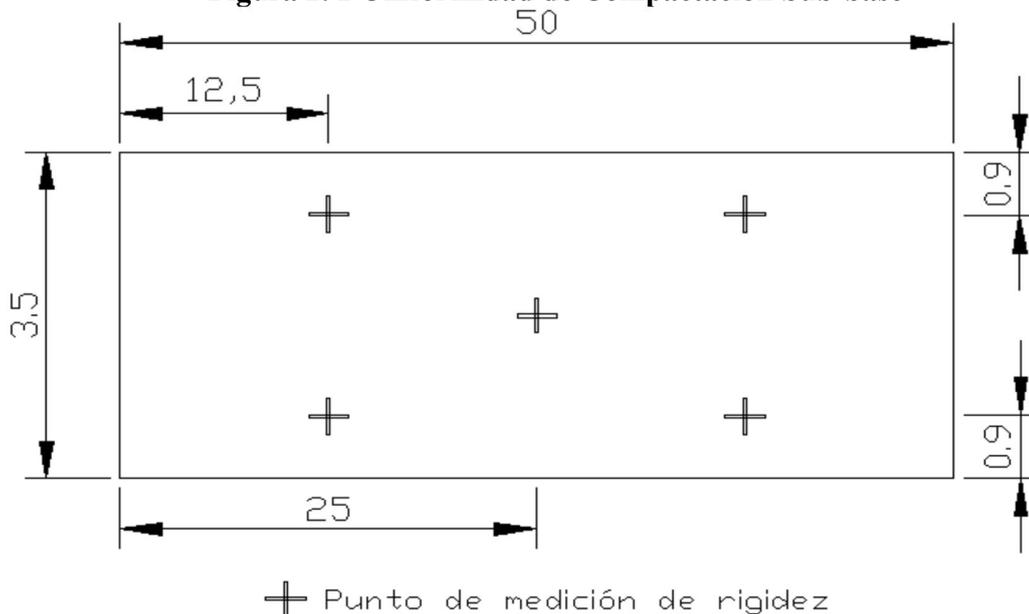
Se controlará la compactación a través del ensayo del cono de arena, sin perjuicio del uso del densímetro nuclear, en forma complementaria cuando corresponda, destacándose que su uso queda restringido tratándose de sub-bases de pumicitas o con algún contenido de material granular.

La I.T.O. verificará que el densímetro nuclear se encuentre debidamente calibrado usando como referencia el ensayo del cono de arena. Se aceptará como límite la certificación cada 12 meses y, para cada obra en la que se decida utilizar este instrumento, se deberá previamente establecer con precisión la curva de calibración correspondiente con resultados obtenidos para el suelo del proyecto en ejecución y usando el ensayo de cono de arena con al menos 10 puntos.

2.4.6.2 Uniformidad de Compactación

En caso que la I.T.O. encuentre poco homogénea la uniformidad de compactación de la "capa granular", solicitará al autocontrol de la Empresa Contratista un control de uniformidad de la compactación realizada a través del cono de arena o equipo Geogauge.

Figura 2. 2 Uniformidad de Compactación Sub-base



Fuente: Código de Norma MINVU.

2.4.6.3 CBR

Un ensayo por obra si el material proviene de una planta de áridos fija o uno por planta de procedencia.

Un ensayo cada 300 m³, si se prepara “in - situ”.

2.4.6.4 Graduación y Límites de Atterberg

Un ensayo por obra si el material proviene de una planta de áridos fija o uno por planta de procedencia.

Un ensayo cada 150 m³, si se prepara “in - situ”.

2.4.6.5 Desgaste “Los Ángeles”

Un ensayo por obra si el material proviene de una planta de áridos fija o uno por planta de procedencia.

Un ensayo cada 300 m³, si se prepara “in - situ”.

2.4.6.6 Tolerancia de espesor y terminación superficial

Se aceptará una tolerancia de terminación máxima de + 0 y - 10 mm. En puntos aislados, se aceptará hasta un 5% menos del espesor de diseño.

2.4.6.7 Otras Consideraciones

Las acciones de control serán realizadas por el laboratorio del Contratista. Este laboratorio deberá encontrarse con inscripción vigente en los registros del Minvu.

Del 100% de los controles exigidos, el 70% los realizará el laboratorio seleccionado por el Contratista de entre la lista de laboratorios inscrito en el MINVU y el 30% restante será realizado por el laboratorio de contra muestra (del registro MINVU) designado por el área correspondiente que efectúe la fiscalización o inspección de las obras.

Si la sub-base es de igual calidad que la base, la recepción debe hacerse en forma independiente, es decir por separado base y sub-base.

2.5 BASE ESTABILIZADA

La capa de base deberá cumplir las siguientes especificaciones:

2.5.1 Materiales

El material por utilizar deberá estar constituido por un suelo del tipo grava arenosa, homogéneamente revuelto, libre de grumos o terrones de arcilla, de materiales vegetales o de cualquier otro material perjudicial.

Deberá contener un porcentaje adecuado de partículas chancadas para lograr el CBR especificado y el 60 % o más de las partículas retenidas en el tamiz N° 4 ASTM, tendrán a lo menos 2 caras fracturadas.

Deberá estar comprendida dentro de la siguiente:

Tabla 2. 2 Banda granulométrica base

Tamiz ASTM	% que pasa en peso
2"	100
1 ½ "	70 - 100
3/8"	55 - 85
1"	45 - 75
¾"	35 - 65
Nº 4	25 - 55
Nº 10	15 - 45
Nº 40	5 - 25
Nº 200	0 - 8

Fuente: Manual de carretera Vol. 5

Fracción que pasa por la malla Nº 200 no deberá ser mayor a los 2/3 de la fracción del agregado que pasa por la malla Nº 40.

La fracción que pasa la malla Nº 4 deberá estar constituida por arenas naturales o trituradas.

2.5.2 Límites de Atterberg

La fracción del material que pasa la malla Nº 40 deberá tener un límite líquido inferior a 25% y un índice de plasticidad inferior a 6 o No Plástico (NP).

2.5.3 Desgaste "Los Ángeles"

El agregado grueso deberá tener un desgaste inferior a un 35% de acuerdo al ensayo de desgaste "Los Ángeles", NCh 1369.

2.5.4 Poder de Soporte California CBR

2.5.4.1 Base CBR \geq 80%

El CBR se medirá a 0.2" de penetración, en muestra saturada y previamente compactada a una densidad mayor o igual al 95% de la D.M.C.S. obtenida en el ensayo Proctor

Modificado, NCh 1534 II – D, o al 80% de la densidad relativa, NCh 1726, según corresponda.

El CBR deberá ser superior a 80% en las bases para pavimentos asfálticos compuestos de carpeta

2.5.4.2 Base CBR \geq 100%

El CBR se medirá a 0.2" de penetración, en muestra saturada y previamente compactada a una densidad mayor o igual al 95% de la D.M.C.S. obtenida en el ensayo Proctor Modificado, NCh 1534 II – D, o al 80% de la densidad relativa, NCh 1726, según corresponda.

El CBR deberá ser igual o superior al 100% en las bases para pavimentos asfálticos compuestos de una sola capa.

2.5.5 Compactación

La base estabilizada deberá compactarse hasta obtener una densidad no inferior al 95% de la D.M.C.S. obtenida en el ensayo Proctor Modificado, NCh 1534 II – D, o al 80% de la densidad relativa, NCh 1726, según corresponda.

2.5.6 Controles

2.5.6.1 Compactación

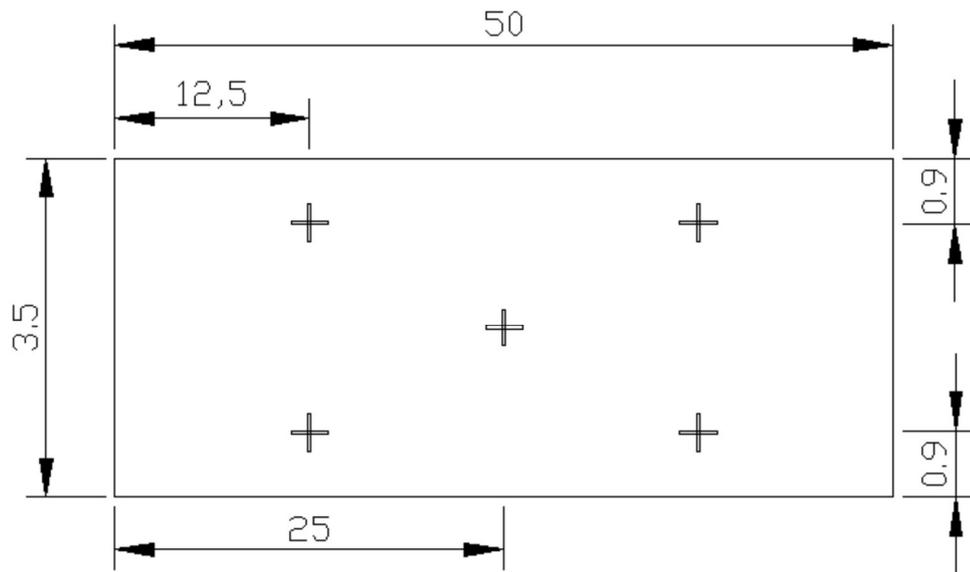
En la capa de base estabilizada, se efectuarán un ensayo de densidad “in - situ” cada 350 m² como máximo.

Alternativa: cada 50 ml de Calle o Pasaje.

2.5.6.2 Uniformidad de Compactación

En caso de que la I.T.O. encuentre poco homogénea la uniformidad de compactación de la “capa granular”, solicitará al autocontrol de la Empresa Contratista un control de uniformidad de la compactación realizada a través del cono de arena o equipo Geogauge. Se controlará la compactación a través del ensayo del cono de arena.

Figura 2. 3 Uniformidad de compactación Base



⊕ Punto de medición de rigidez

Fuente: Código de Norma MINVU.

2.5.6.3 CBR

Un ensayo por obra si el material a colocar proviene de una planta de áridos fija o uno por planta de procedencia.

Un ensayo cada 300 m³ si se prepara "in - situ".

2.5.6.4 Graduación y Límites de Atterberg

Un ensayo por obra si el material proviene de una planta de áridos fija o uno por planta de procedencia.

Un ensayo cada 150 m³ si se prepara "in - situ".

2.5.6.5 Desgaste “Los Ángeles”

Un ensayo por obra si el material a colocar proviene de una planta de áridos fija o uno por planta de procedencia, NCh 1369.

Un ensayo cada 300 m³ si se prepara "in - situ".

2.5.6.6 Tolerancia de espesor y terminación superficial

Se aceptará una tolerancia de terminación máxima de + 0 y – 8 mm. En puntos aislados, se aceptará hasta un 5% menos del espesor de diseño.

2.5.6.7 Otras Consideraciones

Las acciones de control serán realizadas por el laboratorio del Contratista. Este laboratorio deberá encontrarse con inscripción vigente en los registros del Minvu.

2.6 RIEGO DE LIGA

En esta Sección se definen los trabajos necesarios para aplicar un riego de emulsión asfáltica sobre una superficie pavimentada, con el objeto de producir adherencia entre esa superficie y la capa asfáltica que la cubrirá.

En el riego de liga se deberá emplear emulsiones asfálticas, preferentemente de quiebre rápido (CRS) o como alternativa de quiebre lento (CSS-1h), las cuales deberán estar previamente autorizadas por el ITO y cumplir con los requisitos estipulados en la NCh 2440, con un porcentaje de xilol no mayor a 25% en el Ensayo de la Mancha con heptano-xilol, medido según el método NCh 2343. También se podrá usar otro tipo de emulsiones que garanticen la adherencia entre capas y permitan mantener limpio el entorno o la demarcación horizontal previamente autorizadas por el ITO, debiendo verificarse su adherencia con testigos completos, en caso de no cumplir deberá rehacerse completamente el pavimento.

Será responsabilidad del Contratista verificar que los materiales a emplear se ajusten a las especificaciones. Para ello deberá presentar certificados de ensayo, como mínimo, una muestra de asfalto por cada remesa que llegue a la faena. El muestreo deberá ajustarse a lo dispuesto en el Método NCh 2332.

2.6.1 Procedimiento de Trabajo

2.6.1.1 Instalaciones y Equipos

El almacenamiento del asfalto, así como el equipo de distribución y barrido, deberán ajustarse a los requisitos estipulados en la sección Imprimación.

2.6.1.2 Limitaciones Meteorológicas

El riego de liga solamente deberá aplicarse cuando el pavimento esté seco. No deberá efectuarse riego de liga si el tiempo se presenta neblinoso o lluvioso. Las aplicaciones se efectuarán únicamente cuando la temperatura atmosférica sea de por lo menos 10°C y en ascenso, y la temperatura de la superficie del pavimento no sea inferior a 10°C.

2.6.1.3 Preparación de la Superficie a Regar

Antes de aplicar el riego de liga deberá prepararse el pavimento existente eliminando los materiales sueltos, el polvo, la suciedad y todo otro material extraño. También se efectuarán los bacheos, sellos de juntas y grietas, parches, etc., que indique el proyecto.

2.6.1.4 Aplicación del Asfalto

La aplicación del material asfáltico se efectuará mediante distribuidores a presión que cumplan con lo dispuesto en la sección Imprimación.

Cuando se debe mantener el tránsito, el riego de liga deberá aplicarse sólo en una mitad del ancho de la calzada. En tales circunstancias el riego de la segunda mitad deberá iniciarse sólo cuando la primera se encuentre cubierta con la capa correspondiente y transitable.

Las emulsiones se aplican puras o diluidas en agua en proporción 1:1 y asegurando una tasa de residuo asfáltico mínimo en la superficie de 0,25 l/m². La dosis mayor se aplicará sobre superficies fisuradas y oxidadas. La dosis definitiva por aplicar será determinada en terreno mediante sectores de prueba y que aseguren el mínimo de residuo asfáltico.

Las emulsiones diluidas se aplicarán a la temperatura que indique el fabricante en su ficha técnica, esta se podrá ajustar según la experiencia en terreno, el acuerdo se tomara en la cancha de prueba respectiva entre contratista e ITO, para lo cual deberá ser factible realizar cancha de prueba.

El asfalto deberá distribuirse uniformemente sobre toda la superficie a tratar, incluso sobre las paredes verticales que se generan en las uniones longitudinales entre pistas

pavimentadas en asfalto, así como también en las juntas transversales de construcción. La dosis establecida en terreno se aplicará con una tolerancia de **15%**. Se deberá verificar la tasa de aplicación resultante cada 3.000 m² de riego de liga o como mínimo, una vez al día. Toda área que no resulte satisfactoriamente cubierta con la aplicación del riego deberá tratarse en forma adicional mediante riego manual.

Las estructuras, vegetación y todas las instalaciones públicas o privadas ubicadas en el área de trabajo, deberán protegerse cubriéndolas adecuadamente para evitar ensuciarlas. Las protecciones deberán mantenerse hasta que la emulsión haya quebrado completamente y no se produzcan salpicaduras.

Las superficies regadas deben conservarse sin saltaduras o suciedad hasta el momento de colocar la capa siguiente.

2.7 IMPRIMACION

En esta Sección se definen las operaciones requeridas para aplicar un riego de asfalto de baja viscosidad, con el objeto de impermeabilizar, evitar la capilaridad, cubrir y ligar las partículas sueltas y proveer adhesión entre la base y la capa inmediatamente superior.

2.7.1 Materiales

2.7.1.1 Pavimentos Asfálticos en Base a polímeros de Caucho

Usará productos en base a emulsiones especialmente diseñadas y debidamente aprobadas por SERVIU para ser utilizadas como imprimante, con una dosis que dependerá de la textura y humedad de la base fijándose ésta entre 0,8 y 1.2 l/m². El asfalto deberá cumplir con los requisitos estipulados en la Norma NCh 2440, con un equivalente de xilol no mayor a 20% en el Ensayo de la Mancha con heptano-xilol, determinado según el Método NCh 2343.

2.7.1.2 Arenas

Cuando se autorice el uso de arena para corregir sectores con exceso de asfalto, ésta será no plástica y estará libre de materias orgánicas. La granulometría deberá ajustarse a la banda granulométrica indicada en la siguiente Tabla.

Alternativamente se puede usar el fino de la base granular, previo harneado bajo 5 mm y autorizado por el ITO, debiendo retirarse completamente tras su utilización.

2.7.2 Procedimiento de Trabajo

2.7.2.1 Instalaciones y Equipos

El asfalto deberá almacenarse en estanques cerrados metálicos, de hormigón armado o de fibra de vidrio (en ningún caso del tipo diques) los que, en todo momento, deberán mantenerse limpios y en buenas condiciones de funcionamiento. El manejo del asfalto deberá efectuarse de manera de evitar cualquier contaminación con materiales extraños. El equipo de limpieza deberá incluir barredoras autopropulsadas.

2.7.2.2 Limitaciones Meteorológicas

No se deberá efectuar imprimaciones si el tiempo se presenta neblinoso o lluvioso. Las aplicaciones se efectuarán únicamente cuando la temperatura atmosférica sea de por lo menos 10°C y subiendo, y la temperatura de la superficie a tratar no sea inferior a 10°C.

2.7.2.3 Distribuidores de Asfalto

Los distribuidores de asfalto consistirán en depósitos montados sobre camiones o unidades similares, aislados y provistos de un sistema de calentamiento, que generalmente calienta el asfalto haciendo pasar gases a través de tuberías situadas en su interior. Deberán disponer de un grupo de motobombas adecuadas para manejar productos con viscosidad entre 20 y 120 Centistokes.

En zonas singulares como cunetas, pasajes, etc., se podrá utilizar equipos distribuidores manuales, cuidando de que la aplicación sea uniforme.

Antes de comenzar los trabajos de imprimación, el Contratista deberá revisar sus equipos, los que para asegurar un riego uniforme deberán cumplir al menos con los siguientes requisitos:

- El equipo distribuidor mantendrá continua y uniformemente la presión requerida a lo largo de toda la longitud de la barra regadora.
- Antes de comenzar el riego, la barra y las boquillas deberán ser calentadas a la temperatura requerida.

La disposición de las boquillas será la adecuada; el ancho del abanico será igual en todas ellas y formará con la barra un ángulo apropiado, normalmente de 17° a 33°, en tanto que las extremas deben ser contenidas con una pantalla flexible, dispuesta en 90° respecto a la barra de riego.

- El ángulo de incidencia del riego con la superficie del camino será de $90^{\circ} \pm 5^{\circ}$.
- La altura de las boquillas deberá asegurar un adecuado traslape de los abanicos de distribución.
- El distribuidor se desplazará a una velocidad tal que mantenga un riego homogéneo. La velocidad del distribuidor y la bomba de asfalto se controlarán mediante dispositivos incorporados al equipo.
- La temperatura del asfalto en el estanque se controlará con termómetros que permitan medirla en forma rápida.

2.7.2.4 Preparación de la Superficie a Imprimir

Antes de imprimir se deberá retirar de la superficie todo material suelto, polvo, suciedad o cualquier otro material extraño. Cuando la superficie presente partículas finas sueltas, como consecuencia de una excesiva sequedad superficial, se podrá rociar ligeramente con agua, antes de imprimir, en todo caso, no se deberá imprimir hasta que toda el agua de la superficie haya desaparecido.

2.7.2.5 Aplicación del Asfalto

El asfalto deberá aplicarse mediante distribuidores a presión que cumplan con lo dispuesto en el Acápite 5.3.3. En los lugares de comienzo y término de los riegos asfálticos, se deberá colocar un papel o cartón de un ancho no inferior a 0.80 m una vez utilizado, éste deberá ser desechado de inmediato.

Cuando se deba mantener el tránsito, la imprimación deberá efectuarse primeramente en la mitad del ancho de la calzada. En tales circunstancias la imprimación de la segunda mitad deberá iniciarse sólo cuando la superficie de la primera mitad se encuentre cubierta con la capa superior y transitable, no permitiéndose el tránsito sobre superficies imprimadas.

Los asfaltos cortados no podrán ser calentados a una temperatura superior a la correspondiente al punto de inflamación. La temperatura de aplicación deberá ser aquella que permita trabajar con viscosidades comprendidas entre 20 y 120 centistokes.

Dependiendo de la textura de la superficie a imprimir, la cantidad de asfalto a colocar se determinará en terreno debiéndose establecer la cantidad definitiva considerando obtener una penetración mínima de 5 mm después de un tiempo de absorción y secado de 6 a 12 horas en ambientes calurosos; de 12 a 24 horas en ambientes frescos y de 24 a 48 horas en ambientes fríos, frescos o húmedos. Si la imprimación seca antes de 6 horas, salvo en épocas muy calurosas y secas, se deberá verificar la dosis y las características del

imprimante y de la superficie que se esté imprimando. El material asfáltico deberá distribuirse uniformemente por toda la superficie, aplicando la dosis establecida con una tolerancia de 15%. Se deberá verificar la tasa de aplicación resultante cada 3.000 m de imprimación o como mínimo, una vez por día.

Si después de transcurrido el tiempo de absorción y secado establecido, aún quedaran áreas con asfalto sin penetrar, la I.T.O. podrá autorizar el recubrimiento con arena, la que cumplirá con lo especificado en 4.7.1.2. Por otra parte, toda área que no haya quedado satisfactoriamente cubierta con la aplicación del riego deberá tratarse en forma adicional mediante riego manual.

Si estas reparaciones no resultan satisfactorias a juicio de la I.T.O., se procederá a escarificar en 10 cm la superficie afectada, para volver a recomprimir e imprimir.

Las estructuras, la vegetación y todas las instalaciones públicas o privadas ubicadas en el área de trabajo, deberán protegerse cubriéndolas adecuadamente para evitar ensuciarlas. Las protecciones deberán mantenerse hasta que el asfalto haya curado completamente. Las superficies imprimadas deberán conservarse sin deformaciones, saltaduras, baches o suciedad, hasta el momento de colocar la capa siguiente; Esta sólo podrá colocarse, una vez que se verifique que el imprimante haya curado totalmente.

2.8 MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE

En esta Sección se definen los trabajos de construcción de concretos asfálticos mezclados en planta y en caliente, incluyendo la provisión de materiales, la fabricación, los transportes, la distribución y la compactación de la mezcla. Las mezclas de áridos cumplirán las bandas granulométricas que dispongan las presentes especificaciones. En el caso de emplearse mezclas recicladas, podrá atenerse a lo señalado en el código de Normas MINVU en su última Versión, debiendo informarse de sus características a SERVIU previamente para su aceptación.

En todo caso, SERVIU podrá exigir demolición mediante fresado u otro sistema equivalente que triture el pavimento existente y reduzca su tamaño para hacerlo óptimo para el reciclado, debiendo trasladarse el material resultante a dependencias que SERVIU señale en la cantidad que este indique o en su defecto disponer de él para ser llevado a botaderos, cualquier otro uso debe contar con autorización SERVIU.

2.8.1 Materiales

2.8.1.1 Áridos

Los áridos deberán clasificarse y acopiarse separados en al menos tres cuatro fracciones: gruesa, intermedia y fina. Los materiales deberán acopiarse en canchas habilitadas especialmente para este efecto, de manera que no se produzca contaminación ni segregación de los materiales. Las distintas fracciones deberán ajustarse a los siguientes requisitos:

- Fracción Gruesa e intermedia

Deberá estar constituida por partículas chancadas, limpias y tenaces que se ajusten a los requisitos que se indican en la Tabla 4.8.1 según el tipo de mezcla que se especifique en el proyecto.

- Fracción Fina

La fracción que pasa por tamiz 5 mm (ASTM N° 4), deberá estar constituida por arenas naturales o provenientes de la trituración de rocas o gravas. Sus partículas deberán ser duras, tenaces y libres de arcilla o sustancias perjudiciales, debiendo cumplir con los requisitos indicados en la tabla B. Para tránsito mayor de 10^6 EE el % de arenas naturales se limita a 15%. Para tránsitos menores de 10^6 EE el porcentaje se limita a un 25%. Estos porcentajes son referidos al total del agregado.

- Polvo Mineral (filler)

El filler deberá estar constituido por polvo mineral fino tal como cemento hidráulico, o de preferencia polvo de roca, libre de materia orgánica y partículas de arcilla, debiendo ser NP.

- Mezcla de Áridos

Los áridos combinados deberán cumplir con los requisitos indicados en la tabla 4.8.4. Las distintas fracciones de áridos deberán combinarse en proporciones tales que la mezcla resultante cumpla con alguna de las bandas granulométricas especificadas en las siguientes tablas; para el tipo de mezcla a emplear de acuerdo con lo indicado en el proyecto.

Tabla 2. 3 Banda granulométrica de Áridos: Granulometría Densa

TAMIZ		IV – 20 (espesor capa > = 60 mm)	IV – 12 (1) (espesor capa > = 40 mm)
NCh	(ASTM)	% QUE PASA EN PESO	% QUE PASA EN PESO
40 mm	1 ½ ”		
25 mm	1”	100	
20 mm	¾ ”	80 - 100	100
12.5 mm	½ ”	-----	80 - 100
10 mm	3/8”	60 - 80	70 - 90
5 mm	N° 4	48 - 65	50 - 70
2.5 mm	N° 8	35 - 50	35 - 50
0.63	N° 30	19 - 30	18 - 29
0.315	N° 50	13 - 23	13 - 23
0.16	N° 100	7 - 15	8 - 16
0.08	N° 200	0 - 8	4 - 10
(1) Calle del tipo Servicio, Local y Pasaje (con tránsito vehicular)			

Fuente: Código de Norma MINVU

Tabla 2. 4 Banda granulométrica de Áridos: Granulometría Gruesa

TAMIZ		IV – 20 (espesor capa > = 60 mm)	IV – 12 (1) (espesor capa > = 40 mm)
NCh	(ASTM)	% QUE PASA EN PESO	% QUE PASA EN PESO
40 mm	1 ½ ”		
25 mm	1”	100	
20 mm	¾ ”	75 - 100	100
12.5 mm	½ ”	-----	75 - 100
10 mm	3/8”	45 – 70	60 – 85
5 mm	N° 4	30 – 50	35 – 55
2.5 mm	N° 8	20 – 35	20 – 35
0.63	N° 30	5 – 20	10 – 22
0.315	N° 50	3 – 12	6 – 16
0.16	N° 100	2 - 8	4 – 12
0.08	N° 200	0 – 4	2 – 8

Observaciones:

1. La banda III-20 se debe usar para base asfáltica de graduación gruesa.
2. La banda III 12 se debe usar como capa intermedia o Binder, ambas mezclas en calles de tipo Expresa, Troncal o Colectora. Será el proyectista quien define el espesor y capa asfáltica, según su memoria de cálculo de pavimento.
3. Banda IV 12 – A puede emplearse en asfaltos modificados.

Fuente: Código de Norma MINVU

Tabla 2. 5 Control requisitos al Cemento Asfáltico

TAMIZ		V – 12 (espesor capa > = 50 mm)
NCh	(ASTM)	% QUE PASA EN PESO
20 mm	¾ ”	100
12.5 mm	½ ”	85 – 100
10 mm	3/8”	-----
5 mm	N° 4	65 – 80
2.5 mm	N° 8	50 – 65
1,25 mm	N° 16	37 – 52
0.63	N° 30	25 – 40
0.315	N° 50	18 – 30
0.16	N° 100	10 – 20
0.08	N° 200	3 – 10

Nota:
Esta banda granulométrica no se aceptan en calles (sólo para pasajes)

Fuente: Código de Norma MINVU

Tabla 2. 6 Grado de penetración

GRADO DE PENETRACIÓN (60 – 80)	Min.	Ma x.	NCh
ENSAYOS SOBRE EL ASFALTO ORIGINAL			
Viscosidad absoluta 60°C	Informar	2336
Viscosidad 135°	Informar	2335
Punto de Ablandamiento °C	Informar	2337
Penetración 25°C, 100 g. 5 seg. (dmm)	60	80	2340
Ductilidad, 25°C, 5 cm/min (cm)	100		2342
Solubilidad en tricloroetileno (%)			2341
Punto de inflamación copa abierta (°C)			2338
Ensayo de la mancha Heptano – xilol máximo 20%			2343
Índice de Penetración; IP	-1	+1	2340
ENSAYOS SOBRE RESIDUOS RTFOT (Película delgada en horno rotatorio)			2346
Penetración, (% del original)	54		
Pérdida por calentamiento (%)	-----	0,8	
Ductilidad, 25°C, 5 cm/min (cm)	100		
Viscosidad Absoluta 60°C (Pa. s)	Informar		
Índice de durabilidad	-----	3,5	

Fuente: Código de Norma MINVU

El constructor deberá entregar con cada partida fotocopia proporcionada por la planta asfáltica de todos los requisitos exigidos al cemento asfáltico en la tabla anterior, junto al nomograma de Heukelom correspondiente.

Será válido el certificado de la fábrica de cemento asfáltico. En el caso de emplearse asfalto clasificado por desempeño este corresponderá al PG 64-22 en general y al PG 58-28 en Precordillera que deberán cumplir los requisitos señalados en Tablas a continuación:

Tabla 2. 7 Requisitos de cemento asfáltico

Grado de desempeño	PG64 22	PG58 28
Temperatura máxima de desempeño móvil de temp. Máxima de pavimento, °C (a)	<64	<58
Temperatura mínima del pavimento de diseño, °C	> -22	> -28
Ligante Asfáltico Original		
Punto de inflamación 8.302.9 temperatura mínima °C 230	230	
Viscosidad 8.302.24, máx. 3 Pa.s, temperatura ensaye, °C (b)	135	
Corte dinámico, 8.302.10 rad/s, $G^*/\text{sen } \Theta$ (f) min 1,00 kPa, temp. Ensaye, °C	64	58
Horno rotatorio de películas delgadas RTFOT (8.302.23)		
Pérdida de masa, porcentaje máx.	1	
Corte dinámico, 8.302.22 rad/s, $G^*/\text{sen } \Theta$ (f) min. 2,2 kPa, temp. Ensaye, °C	64	58
Cámara de envejecimiento a presión pav (8.302.23)		
Temp. De envejecimiento, °C (d)	100	100
Corte dinámico, 8.302.22, 10 rad/s, $G^*/\text{sen } \Theta$ (f) min. 5000 kPa, temp. Ensaye, °C	25	19
Rigidez en creep, 8.302.25 a 60 s, S más 300 MPa, valor – m mín. 0,300 temp. Ensayes, °C	-12	-18
Tracción directa, 8.302.26,1 mm/min, deformaciones de rotura, mín. 1,0% temperatura ensaye, °C	-12	-18

Fuente: Código de Norma MINVU

2.8.2 Propiedades de las mezclas asfálticas – Mezclas de granulometrías densas, gruesas y finas

Las propiedades de las mezclas se determinarán según se indique en Manual de carreteras Vol. 8. Título 8.302.47, y su diseño se realizará de acuerdo al MC Vol8. Título 8.302.40. La mezcla asfáltica para carpeta de rodadura deberá cumplir con las siguientes exigencias relativas al Método Marshall de diseño (ASTM D. 1559):

Tabla 2. 8 Exigencias del Método Marshall

	Tránsito $\geq 10^6$ EE	Tránsito $< 10^6$ EE	Carpeta Blinder
Estabilidad (N)	Mínimo 9.000 (**)	Mínimo 6.000	Mínimo 8.000
Fluencia (0.25 mm)	entre 8 y 14	entre 8 y 16	8 – 16
Huecos en la mezcla	4 % \pm 1	4 % \pm 1 (*)	3 – 8 %
Marshall (compactación briquetas)	75 golpes/cara	50 golpes/cara	75 golpes/cara
Vacíos Agregados Mineral, VAM (mínimo)	13%	14%	
VFA (vacíos llenos de asfalto)	65 – 75%	65 – 78 %	
(*) Par mezclas V – 12 se aceptará porcentajes de huecos entre 3 y 8.			
(**)sin perjuicio de lo indicado en Capítulo 1.A, sección 1.1			

Fuente: Código de Norma MINVU.

El laboratorio determinará el diseño de la mezcla de trabajo y fijará valores precisos para:

-Banda de trabajo, que se definirá en base a las siguientes tolerancias:

- Agregado que pasa tamices: N° 4 y mayores $\pm 5\%$
- Agregado que pasa tamices: N° 8 y 16 $\pm 4\%$
- Agregado que pasa tamices: N° 30 y 50 $\pm 3\%$
- Agregado que pasa tamices: N° 100 y 200 $\pm 2\%$

-Porcentaje óptimo de Cemento Asfáltico referido al peso total de los agregados, con las siguientes tolerancias:

- Carpeta asfáltica $\pm 0.3\%$
- Binder (capa intermedia) $\pm 0.5\%$
- El rango de temperatura de la mezcla al salir de la Planta.
- Densidad y Estabilidad Marshall para el % óptimo de cemento asfáltico.

-La razón en peso entre el porcentaje que pasa la malla 200 y el porcentaje de asfalto (espeso del total de los agregados de la mezcla), el cual debe estar comprendido entre 0.6 y 1.2

- Temperatura de mezclado y temperatura de compactación.

El diseño de la mezcla asfáltica a utilizar en la obra (binder o carpeta asfáltica), deberá ser informado mediante certificados de laboratorios especializados con inscripción vigente MINVU y contar con V° B° de la I.T.O. antes que el contratista inicie la fabricación de la

mezcla. En caso de que el certificado del laboratorio tenga una antigüedad mayor a 6 meses el Contratista deberá obtener, de la empresa proveedora de la mezcla asfáltica, la certificación que el material entregado corresponde al informado por el laboratorio.

2.8.3 Procedimiento de Trabajo

2.8.3.1 Preparación de la Superficie

Antes de iniciar las faenas de colocación de las mezclas asfálticas, se deberá verificar que la superficie satisfaga los requerimientos establecidos para Imprimación, si corresponde a una base estabilizada y para Riego de Liga, si es un pavimento existente.

2.8.3.2 Plan de Trabajo

El Contratista deberá proporcionar a la I.T.O. para su aprobación, previo a la colocación de las mezclas en las obras, un plan detallado de trabajo, el que deberá incluir un análisis y descripción de los siguientes aspectos:

- Equipo disponible: Se deberá indicar la cantidad, estado de conservación y características de los equipos de transporte, colocación y compactación, incluyendo los ciclos programados para cada fase.
- Personal de Faenas: Se deberá presentar un organigrama detallando las áreas de competencia y las responsabilidades de los jefes de fases o faenas, así como el número de personas que se asignará a las diversas operaciones.
- Programación: Se deberá incluir el programa a que se ajustarán las faenas de manera de asegurar la continuidad y secuencia de las operaciones, y la disposición del tránsito usuario de la vía de acuerdo con la normativa vigente del Manual de Señalización de Tránsito y sus complementos.

2.8.4 Transporte y Colocación

2.8.4.1 Requisitos Generales

Las mezclas deberán transportarse a los lugares de colocación en camiones tolva convenientemente preparados para ese objetivo, cubiertos con carpa térmica y distribuirse mediante una terminadora autopropulsada.

La superficie sobre la cual se colocará la mezcla deberá estar seca. En ningún caso se pavimentará sobre superficies congeladas o con tiempo brumoso o lluvioso, o cuando la temperatura atmosférica sea inferior a 5°C. Cuando la temperatura ambiente descienda de 10°C o existan vientos fuertes deberá tomarse precauciones especiales para mantener la temperatura de compactación.

No se aceptará camiones que lleguen a obra con temperatura de la mezcla inferior a 120°C.

La temperatura de la mezcla al inicio del proceso de compactación no podrá ser inferior a 110°C.

El equipo mínimo que se deberá disponer para colocar la mezcla asfáltica será el siguiente:

- Terminadora autopropulsada.
- Rodillo vibratorio liso con frecuencia, ruedas y peso adecuado al espesor de la capa a compactar.
- Rodillo neumático, con control automático de la presión de inflado.
- Equipos menores, medidor manual de espesor, rastrillos, palas, termómetros y otros.

2.8.4.2 Compactación

Una vez esparcidas, enrasadas y alisadas las irregularidades de la superficie, la mezcla deberá compactarse hasta que alcance una densidad no inferior al 97% ni superior al 102% de la densidad Marshall.

La cantidad, peso y tipo de rodillos que se empleen deberá ser el adecuado para alcanzar la densidad requerida dentro del lapso durante el cual la mezcla es trabajable.

Salvo que la I.T.O. ordene otra cosa, la compactación deberá comenzar por los bordes más bajos para proseguir longitudinalmente en dirección paralela con el eje de la vía, traslapando cada pasada en un mínimo de 15 cm, avanzando gradualmente hacia la parte más alta del perfil transversal. Cuando se paviemente una pista adyacente a otra colocada previamente, la junta longitudinal deberá compactarse en primer lugar, para enseguida continuar con el proceso de compactación antes descrito. En las curvas con peralte la compactación deberá comenzar por la parte baja y progresar hacia la parte alta con pasadas longitudinales paralelas al eje.

Los rodillos deberán desplazarse lenta y uniformemente con la rueda motriz hacia el lado de la terminadora.

La compactación deberá continuar hasta eliminar toda marca de rodillo y alcanzar la densidad especificada. Las maniobras de cambios de velocidad o de dirección de los rodillos no deberán realizarse sobre la capa que se está compactando.

En las superficies cercanas a aceras, cabezales, muros y otros lugares no accesibles por los rodillos descritos, la compactación se deberá realizar por medio de rodillos de operación manual, y de peso estático mínimo 2 ton, asegurando el número de pasadas que corresponda para alcanzar los requisitos de densidad exigidas.

Durante la colocación y compactación de la mezcla, se deberá verificar el cumplimiento de las siguientes condiciones:

- Los requisitos estipulados anteriormente deberán considerar los aspectos climáticos y no se asfaltarán si ellos no se cumplen.
- La superficie por cubrir deberá estar limpia, seca y libre de materiales extraños;
- Se recomienda que la compactación se realice entre las temperaturas de 110° C y 140°C
- La mezcla deberá alcanzar el nivel de compactación especificado.
- La superficie terminada no deberá presentar segregación de material (nidos), fisuras, grietas, ahuellamientos, deformaciones, exudaciones ni otros defectos.

2.9 TOLERANCIAS

Cuando se produzcan deficiencias de estándar respecto del proyecto, se determinarán las multas tratándose de proyectos contratados por el Serviu y de tolerancias máximas de proyectos por cuenta particular.

Una vez terminada la colocación de la mezcla, si ésta presentara deficiencias en la densidad de compactación, el espesor, el contenido de asfalto, la lisura (High-Low) o la regularidad de la superficie (IRI), las áreas involucradas estarán afectas a las multas que se señalan en capítulo específico.

Para cuantificar las multas por deficiencias, se considerarán los metros cuadrados de mezcla asfáltica deficiente y el precio unitario correspondiente del Presupuesto Compensado en el caso de contratos del SERVIU.

Los espesores y densidades serán establecidos a partir de testigos, los cuales se extraerán, según MC Vol. 8. Títulos 8.502.3, 8.302.38, 8.302.41 y 8.302.27 a razón de uno por cada 500 m² o fracción de pavimento. Alternativa: 75 ml de calle o pasaje.

Los contenidos de asfalto y granulometría de las capas, según MC Vol. 8. Título 8.302.36, se verificarán cada 250 m³ o fracción tomando muestra de la mezcla según MC Vol. 8. Título 8.302.27.

Cuando se extraiga un testigo deberá rellenarse inmediatamente con mezcla asfáltica en frío. La evaluación del grado de densidad de compactación, del espesor y del contenido de asfalto se hará por muestras individuales. Los criterios de aceptación serán los siguientes.

2.9.1 Densidad de Compactación

La densidad de compactación de la muestra individual, de la superficie y Binder (capa intermedia), deberá ser mayor o igual a 97% de la densidad Marshall. En caso de incumplimiento de la condición, se aplicará el siguiente criterio de multas, lo que será sobre el valor de la carpeta asfáltica afectada:

- Se trabajará con números enteros y los decimales de 0.5 y superior se aproximarán al entero superior y los decimales inferiores a 0.5 al entero inferior. No se recibirán y se reharán los pavimentos con densidad de compactación superior a 102 % de la densidad Marshall.
- Las multas sólo serán aplicables para los contratos SERVIU, pero no se recibirán los pavimentos con otro tipo de financiamiento, que tengan una densidad inferior al 95% o superior al 102%, en muestras individuales.

En el proceso de compactación las ruedas de los rodillos deben mantenerse húmedas, justamente con la cantidad de agua necesaria para evitar que se adhiera el material. Los rodillos deben moverse lento a una velocidad uniforme, con la rueda o ruedas motoras del lado de la terminadora. La velocidad no debe ser superior a 5 km/hr en los rodillos de tambor metálico y 8 km/hr en los rodillos neumáticos. Los rodillos deben estar en buen estado y ser capaces de invertir el sentido de su marcha sin sacudidas. La dirección de compactación no debe cambiarse repentinamente, ni invertir la dirección de avance, ya que esto producirá un desplazamiento de la mezcla. Estos cambios de dirección deben hacerse sobre el material estable. Si la compactación causa desplazamiento de material, las áreas afectadas deben disgregarse, en seguida, con palas o rastrillos, devolviéndolas a su nivel original mediante la adición de material suelto antes de volver a compactar. No se debe permitir detenciones de la maquinaria pesada en la superficie terminada hasta que se haya enfriado o curado.

Cuando se pavimenta una sola franja, ésta debe compactarse de la siguiente forma:

- Juntas transversales
- Borde exterior

- Compactación inicial empezando en el lado exterior y avanzando hacia el más elevado
- La segunda compactación se realiza igual a la anterior
- Compactación final

Si se emplean dos terminadoras o se está pavimentando sobre una franja ya terminada anteriormente, la compactación de la junta longitudinal debe seguir la junta transversal. Cuando se emplean dos pavimentadoras, deben dejarse sin compactar de 5 a 8 cm del borde sobre el que está superponiendo material la segunda pavimentadora, compactándolo cuando se haya terminado la junta entre las dos franjas. Los bordes no debieran dejarse expuestos a los elementos más de 15 minutos antes de la compactación. Se debe especial atención a las juntas transversales y longitudinales, tanto en capas intermedias como de superficies.

Figura 2. 4 Pasada de rodillo



Fuente: Obra Araucaria, Colina.

2.9.2 Compactadores de Asfalto (rodillos)

Rodillo de cilindro metálico: Es una unidad cuyos dos ejes llevan ruedas que son cilindros metálicos o en una unidad con eje de cilindro metálico y el otro eje motriz con ruedas neumáticas. Para efectuar el rodillado inicial, estos compactadores deben tener un peso entre 6 y 10 toneladas y, en todo caso, debe ser tal que no triture las piedras.

Figura 2. 5 Compactación de asfalto con rodillo



Fuente: Obra Araucaria, Colina.

Los neumáticos van colocados de tal modo que los del eje posterior cubren los espacios dejados por las ruedas del eje delantero, siendo por esto que la cantidad de ruedas totales es un número impar. Estos compactadores deben tener entre 8 y 10 toneladas de peso estático. Se recomienda no sobrepasar los 20 Km/hr y en todo caso, debe ser tal que no desprendan las piedras del gravillado.

La compactación con rodillo neumático se realiza inmediatamente de terminado el planchado y se efectúa también desde el borde hacia el centro. Normalmente, se necesita entre 4 y 8 pasadas para tener un resultado óptimo.

Figura 2. 6 rodillo neumático



Fuente: Obra Araucaria, Colina.

2.9.3 Terminadora

La terminadora o finisher, es una máquina autopropulsada montada sobre ruedas u orugas, que consta de dos unidades principales: La unidad tractora y la unidad enrasadora. La unidad tractora consta de una tolva de recepción de la mezcla en la que descargan los camiones de volteo, una cinta transportadora que lleva la mezcla hacia la parte posterior de la máquina, tornillos helicoidales que reparten la mezcla en el ancho de la pavimentadora y controles para el operador, a veces dispuestos a ambos lados de la máquina.

Dentro de la unidad enrasadora existe una placa enrasadora con dispositivos que permiten calentarla, regla vibradora destinada a facilitar la colocación y regular el flujo de la mezcla y controles de espesor.

Esta máquina es controlada por dos operadores, uno que maneja la máquina y regula la alimentación y la marcha, y que va en la parte posterior y controla el espesor de la capa. Es flotante, es decir, la enrasadora flota sobre la mezcla que va colocando. El conjunto se mantiene en equilibrio debido al efecto de tres fuerzas: El peso del equipo, la tracción ejercida por la máquina, a través, de un brazo de tracción y la reacción de la mezcla bajo la alisadora. Estas fuerzas regulan la uniformidad del espesor a colocar, de la manera, que si el ángulo de la alisadora es muy elevado, habrá mucha resistencia por parte de la mezcla

y aquel tenderá a elevarse aumentando el espesor colocado. De esta forma, se puede variar el espesor de la mezcla, actuando sobre el ángulo con el brazo de tracción, para lo cual se dispone de los tornillos controladores de espesor.

La máquina finisher puede trabajar guiándose por un hilo nivelado soportado por estacas colocadas a un costado de la calzada, para dar el perfil determinado del proyecto. La máquina sigue este hilo por medio de un palpador electrónico llamado sensor, y este hilo se nivela paralelamente al perfil longitudinal.

Figura 2. 7 Finisher trabajando con regla del perfil



Fuente: Obra Araucaria, Colina.

2.9.4 Espesores

En caso de incumplimiento se aplicará la tabla de multas definida en el capítulo que versa en éstas.

Las multas sólo serán aplicables para los contratos SERVIU, pero no se recibirán los pavimentos con otro tipo de financiamiento que presenten un espesor menor igual al 92% del espesor.

2.9.5 Contenido de Asfalto

Se aceptará la muestra individual si su porcentaje de asfalto (Pt) es mayor o igual a $Pb - 0.3 \%$ para la capa superficial y $Pb - 0.5 \%$ para el binder (capa intermedia), e inferior o igual a $Pb + 0.3 \%$ para la capa superficial y $Pb + 0.5 \%$ para el binder, siendo Pb el porcentaje de asfalto de la dosificación visada por la I.T.O.

Asimismo, ningún valor deberá ser inferior a Pb -0.5 % para la capa superficial y Pb -0.7 % para el binder (capa intermedia), ni superior a Pb +0.5 % para la capa superficial y Pb +0.7 % para el binder (capa intermedia), en este caso el sector representativo de dicha muestra se multará en un 100 % o se rehará.

En caso de incumplimiento se aplicará las tablas de multas por exceso o por defecto, sobre el valor de la respectiva capa que se definen en el apartado multas:

La determinación del contenido de asfalto se hará de muestras tomadas a pie de obra (MC Vol8.Título 8.302.27).

Las multas sólo serán aplicables para los contratos SERVIU, pero no se recibirán los pavimentos con otro tipo de financiamiento en que las carpetas presenten una variación absoluta de su contenido de asfalto en % superior a 0.5 y el binder presente la variación absoluta de su contenido de asfalto en % superior a 0.7.

2.9.6 Adherencia

Para vías Expresas, Troncales y Colectoras, como también en aquellas con pendientes longitudinales superiores al 10%, el coeficiente de resistencia al deslizamiento (CRD) deberá alcanzar un valor promedio mínimo de 0,60 y ninguno de los valores individuales deberá tener un valor menor a 0.55.

Los controles del coeficiente CRD serán de cargo de la empresa constructora y deberán efectuarse mediante el Péndulo Británico (Norma NLT-175) o con equipo Griptester según MC 8.502.18, se recomienda sea superior a 0,6.

Se medirá por pista y a distancias máximas de 50m, y se contará al menos con 2 mediciones por pista.

En caso de incumplimiento se rehará la carpeta de la zona afectada, delimitada ésta por el área de influencia que representa la o las medidas defectuosas.

2.9.7 Representatividad del Muestreo

En caso de que el muestreo realizado sea de una medición, el resultado de esta muestra representará al 100% de la calidad de la obra, en consecuencia, de ser aplicable alguna multa, el área afectada será el 100% del pavimento.

Por otra parte, si el muestreo realizado es de más de una medición, pero menos de 31, se efectuará un sólo análisis con el total de las muestras obtenidas, aun cuando éstas se encuentren distribuidas en forma irregular en la obra.

Si la obra posee un número de muestreos tal que las mediciones sean más de 30, en este caso, podrán realizarse más de una determinación de valor característico, sectorizando la obra, delimitando el sector respectivo por área de influencia. En todo caso, se podrán realizar tantas sectorizaciones para el análisis estadístico, como múltiplos de 30 más uno corresponda, de acuerdo con el número de mediciones realizadas.

2.9.8 Remuestreos

El contratista podrá solicitar remuestreos por cada uno de los controles receptivos, debiendo considerar a su cargo el costo de la toma de muestras y ensayos.

Las zonas representadas por los testigos deficientes, se remuestrearán con la extracción de a lo menos igual cantidad de testigos en discusión.

El remuestreo por concepto de densidad se hará extrayendo una cantidad similar de testigos a los del muestreo original. Las nuevas muestras se tomarán entre los sectores medio de los testigos originales, extrayendo el primero entre el último del lote anterior y el primer testigo del lote a remuestrear. De esta forma se procederá a evaluar el lote, considerando conjuntamente los resultados de los testigos originales y del remuestreo.

El remuestreo por concepto de espesores se hará tomando dos testigos adicionales en los sectores medio entre el testigo a remuestrear y el inmediatamente anterior y posterior a éste. Con el resultado que arrojen estas muestras se procederá a recalcular el área afectada originalmente.

Los remuestreos por concepto de lisura o rugosidad se efectuarán sólo cuando se haya hecho la reparación autorizada por la I.T.O. La longitud mínima para efectuar el remuestreo será de 1 km continuo por pista o la longitud total del tramo pavimentado si es inferior a 1 km. Los resultados de este remuestreo reemplazarán a las del muestreo original y se hará la evaluación según lo indicado en estas Especificaciones Técnicas.

CAPÍTULO 3. PROCESO AMBIENTAL

Para un mundo más sustentable, es de vital manera generar procesos serios de reciclaje con el fin de poder disminuir la gran cantidad de neumáticos que circulan en diferentes partes de nuestra sociedad, es por ello que debemos considerar para nuestro proceso la trituración por granulación y por molienda, donde este proceso se destaca por ser mecánico, donde el caucho se introduce por una granuladora a una temperatura ambiente donde esta se va aumentando gradualmente.

Al pasar el caucho por esta máquina trituradora, esta deja el caucho reducido a partículas, donde estas son clasificadas por tamices estandarizados por el manual de carretera, volumen 5.

Dentro de otros métodos que se pueden operar para este proceso ambiental es incorporar el material por una serie de molinos donde estas son de características de rodillos que a medida que van rotando con afiladas cuchillas cortan el material reduciéndolo en partículas muy pequeñas.

El material del caucho debe ser pasado por este rodillo a lo menos 3 veces, con el fin de alcanzar mayores reducciones

Luego de estos procesos ambientales, el caucho es clasificado en caucho en partículas finas y caucho en migas, las cuales serán empleadas dependiendo de su tipo de aplicación,

Estos métodos se consideran altamente limpios en su producción y con muy buena calidad en implementación.

En general características a la mezcla que modifica su comportamiento ayudando a la resistencia a deformaciones plásticas, agrietamientos térmicos e incluso mejorando propiedades acústicas.

CAPÍTULO 4. CONCLUSIÓN

4.1 Comentarios

El trabajo en asfalto es mucho más complejo de lo que parece, por ser un material con varias propiedades, como su gran impermeabilidad. Al ser usado en pavimentos no actúa ni trabaja por sí solo, sino que se ve influido por la capa anterior que lo sostiene, la cual determinará el comportamiento de un pavimento flexible. Lo anterior se refiere que desde las capas más profundas, donde se reparten las cargas producidas sobre la superficie, hasta las superiores, hay un trabajo en conjunto para el soporte del tránsito. Si la subrasante falla al asentarse o deformarse, producirá un efecto en cadena hacia las capas de base y la de asfalto.

Aunque su costo sea bajo en relación con el hormigón, no puede alcanzar las resistencias de éste, ni la duración en el tiempo resistiendo cargas, pero la flexibilidad que tiene, le brinda un versatilidad en tránsitos de velocidad, como carreteras, pero no así en zonas urbanas, donde su desgaste es mayor debido al gran tráfico de cada día, acortando su vida.

Es por ello que emplearemos del reciclaje el caucho de los neumáticos en desuso con el fin que las propiedades físicas de este material pueda adquirir mayor resistencia mecánica y disminución de la acústica producida por el roce del asfalto y neumáticos.

Los procesos de fabricación aplicados a este material serán 2, Húmedo “calentamiento de mezcla a mayores temperaturas”, esto quiere decir que debe ocupar mayores temperaturas, no obstante el proceso seco requiere de grandes cambios, solo se mezcla el árido con el Filler solo cuando los áridos se encuentren calientes.

4.2 Conclusiones

En el presente estudio, se da mayor importancia al capítulo segundo de mecánica de suelos, debido a que a mi parecer es donde se produce las principales fallas posteriores en la superficie del pavimento. De la experiencia en mi trabajo, he podido concluir que uno de los grandes problemas en la obra de pavimentación, es la compactación de las bases y rellenos, ya que los controles de determinación de densidad, a través, de método nuclear (densímetro nuclear), deben repetirse varias veces hasta obtener la compactación ideal o incluso, no es alcanzada por un mal trabajo en la elección de los materiales.

Otra importancia del capítulo segundo, es el conocimiento de los agregados y sus ensayos para usarse en sub-bases, bases y capas de rodados.

En el capítulo tercero, las especificaciones de los agregados no fueron incluidas, debido a que se necesitaba tenerlas en conjunto con los controles de los suelos, es decir, de Proctor, CBR, etc. Aunque estas especificaciones de los agregados son importantes conocerlas para las mezclas, se hace una mención en el capítulo tres en el punto de “agregados para mezclas asfálticas”, recordando que este manual no está enfocado en el diseño de mezclas.

SOLO USO ACADÉMICO

CAPÍTULO 5. BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILERA MARTÍNEZ, A. **Cálculo, diseño y construcción de pavimento asfáltico.** Santiago : s.n., 1991.
2. PADILLA MATURANA, W. **Pavimentos rígidos y flexibles.** Santiago : s.n., 1997.
3. E., SALGADO. **Curso de Laboratorista Vial, Geotecnia.** Primera. Santiago : s.n., 1985.
4. BARRA, E. Instituto Chileno del Asfalto. **Manual Práctico de Construcción e Inspección de Pavimentos Asfálticos.** [En línea] [Citado el: 27 de 05 de 2018.] <http://www.ichasfalto.cl/>.
5. **Normas para Clasificación de Suelos U.S.C.S. ASTM.**
6. WULF RODRIGUEZ, F. **Análisis de Pavimentos Asfáltico Modificado con Polímero.** Valdivia : s.n., 2008.
7. AsfalChile, Grupo. **Soluciones para pavimentación.** [En línea] [Citado el: 25 de 4 de 2018.] <http://www.asfalchile.cl/>.
8. Quilin. **Pavimentos.** [En línea] [Citado el: 5 de 4 de 2018.] <http://www.quilin.cl/>.
9. Públicas, Ministerio de Obras. **Extractos del Manual de Carretera. Dirección de Vialidad. Gobierno de Chile.** Vol. 8.

SOLO USO ACADÉMICO

ANEXO

COTIZACIÓN ASFALTO NORMAL Y COTIZACIÓN ASFALTO EN BASE A POLÍMEROS DE CAUCHO

SOLO USO ACADÉMICO

Empresa: Constructora Carrán S.A.
 AT.: Rodrigo González.
 De: José Tomás Schenke R.

E-Mail: rodrigo.gonzalez@py.cl
 Fecha: 25-04-2018.

De nuestra consideración:

Mediante la presente enviamos a Usted presupuesto por suministro y colocación de carpeta asfáltica en obra 'Aires de Buin III-S2', ubicada en comuna de Buin, Región Metropolitana.

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unit. (\$)	Total (\$)
Carpeta Asfáltica, Banda IV 12, e=0.04 m.	m ²	1.950	5.323	10.379.850
Imprimación	m ²	1.950	555	1.082.250
			Subtotal (\$)	11.462.100
			I.V.A. (\$)	2.177.799
			Total (\$)	13.639.899

SOLO USO P

Empresa: Constructora Carrán S.A.
 AT.: Rodrigo González.
 De: José Tomás Schenke R.

E-Mail: rodrigo.gonzalez@py.cl
 Fecha: 20-07-2018.

De nuestra consideración:

Mediante la presente enviamos a Usted presupuesto por suministro y colocación de carpeta asfáltica en obra 'Camino San León Viejo', ubicada en Comuna de San Bernardo, Santiago.

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unit. (\$)	Total (\$)
Imprimación	m ²	6.060	560	3.393.600
Mezcla asfáltica de IV -12 caucho, e=0.04 m.	m ²	6.060,00	5.986	36.275.160
			Subtotal (\$)	39.668.760
			I.V.A. (\$)	7.537.064
			Total (\$)	47.205.824

SOLO USO F