



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA DIVISIÓN 300 SUBBASES Y BASES DE
LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y
PUENTES DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS**

Jaqueline Yanira Elías Alvarado
Asesorado por el Ing. José Juan Istupe Ibañez

Guatemala, septiembre de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA DIVISIÓN 300 SUBBASES Y BASES DE LAS
ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y
PUENTES DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JAQUELINE YANIRA ELÍAS ALVARADO

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ JUAN ISTUPE IBAÑEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Marco Antonio García Díaz
EXAMINADOR	Ing. Dennis Salvador Argueta Mayorga
EXAMINADORA	Inga. Karla Giovanna Pérez Loarca
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA DIVISIÓN 300 SUBBASES Y BASES DE LAS
ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES
DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 5 de mayo de 2021.

Jaqueline Yanira Elías Alvarado

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por su guía, presencia y amor en mi vida.
Mi padre	El ingeniero agrónomo Gustavo Adolfo Elías Ogáldez. Por su apoyo, amor, esfuerzo y ser mi modelo a seguir en lo académico, profesional y personal.
Mi madre	Elida Yanira Alvarado Quiroa. Por tu apoyo incondicional, inmenso amor, guía, fortaleza y ser el motor de mi vida.
Mi hermano	El médico Gustavo Adolfo Elías Alvarado. Por tu cariño y ejemplo.
Mi abuelita	Dominga Quiroa (q. e. p. d.). Por su apoyo, cariño y consejo durante mi carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por la oportunidad al abrirme sus puertas.
Facultad de Ingeniería	Por la formación y experiencias académicas que me brindo.
Mi asesor	El ingeniero José Istupe. Por su amistad, apoyo y conocimiento brindado durante mi carrera y para la realización de este trabajo de graduación.
Mis tíos	Las licenciadas Ericka Elías y Edna Alvarado, el doctor Héctor y José Alvarado. Por su cariño, apoyo y guía durante mi vida y carrera.
Mis amigos	Cristina Guanoluisa, Mishel Rodas, Walter Morales, Juan Monterroso, Steven España, Aaran Martínez, Manuel Colindres, Jonathan Cardona y a todos los que siempre me brindaron su amistad y apoyo.
Instituto del Asfalto	Por el apoyo brindado para la elaboración de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XXXV
LISTA DE SÍMBOLOS	XXXIX
GLOSARIO	XLI
RESUMEN.....	XLIII
OBJETIVOS.....	XLV
INTRODUCCIÓN	XLVII
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Estudios geotécnicos.....	3
2.2. Caracterización geotécnica	4
2.2.1. Tamaño de las partículas del suelo	4
2.2.2. Curva de distribución granulométrica	5
2.2.3. Consistencia del suelo.....	6
2.2.4. Clasificación del suelo	7
2.3. Pavimento.....	11
2.3.1. Pavimento rígido.....	12
2.3.2. Pavimento articulado	12
2.3.3. Pavimento flexible.....	13
2.3.3.1. Subrasante	14
2.3.3.2. Subbases.....	14
2.3.3.3. Bases.....	15
2.3.3.4. Capa de rodadura.....	15
2.4. División 300 subbase y bases	16

2.4.1.	Reacondicionamiento de subrasante existente	16
2.4.2.	Estabilización de la subrasante	16
2.4.2.1.	Estabilización de subrasante con cal ...	17
2.4.2.2.	Estabilización de subrasante con geotextiles.	18
2.4.3.	Capa de subbase común.....	19
2.4.4.	Capa de subbase y base granular.....	20
2.4.4.1.	Subbase granular	20
2.4.4.2.	Base granular	20
2.4.5.	Capa de subbase y base de grava o piedra triturada	21
2.4.5.1.	Subbase triturada	21
2.4.5.2.	Base triturada	21
2.4.6.	Capa de subbase y base de recuperación del pavimento existente	21
2.4.7.	Capa de subbase y base estabilizada	22
2.4.7.1.	Subbase estabilizada.	22
2.4.7.2.	Base estabilizada	22
2.4.8.	Capa de base de suelo cemento.....	23
2.4.9.	Capa de base negra.....	24
2.4.10.	Recuperación y estabilización del pavimento existente	25
2.4.11.	Fresado del pavimento.....	26
2.4.12.	Paliativos del polvo.....	27
2.4.13.	Apilamiento y almacenamiento de agregados.....	27
3.	MARCO METODOLÓGICO	29

4.	PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN DE LA DIVISIÓN 300 SUBBASES Y BASES.....	31
4.1.	Sección 301: reacondicionamiento de subrasante existente ...	31
4.1.1.	Descripción.....	31
4.1.2.	Definición.....	32
4.1.2.1.	Subrasante	32
4.1.2.2.	Sección típica de pavimentación	32
4.1.2.3.	Reacondicionamiento de subrasantes existentes	32
4.1.2.4.	Materiales inadecuados para subrasante.....	33
4.1.2.5.	Materiales adecuados para subrasante.....	34
4.1.3.	Operaciones de construcción	34
4.1.3.1.	Limpieza	34
4.1.3.2.	Delimitación de tramos a reacondicionar	34
4.1.3.3.	Reemplazo de material inadecuado	35
4.1.3.3.1.	Con material de préstamo	35
4.1.3.3.2.	Con material de subbase.....	35
4.1.3.4.	Requisitos de calidad cuando es necesario sustituir la subrasante	35
4.1.4.	Transporte y almacenamiento de materiales para subrasante.....	37
4.1.4.1.	Escarificación, tendido y conformación	37
4.1.4.2.	Cortes mayores de 200 mm.....	38

4.1.4.3.	Compactación	38
4.1.4.4.	Deflexión, viga Benkelman	39
4.1.4.5.	Módulo de superficie y deformaciones verticales con deflectómetro de impacto liviano (LWD).....	39
4.1.5.	Tolerancias y aceptación.....	40
4.1.5.1.	Tolerancias en compactación.....	41
4.1.5.2.	Tolerancia de superficie	41
4.1.5.3.	Aceptación.....	41
4.1.6.	Medida.....	42
4.1.7.	Pago.....	42
4.2.	Sección 302: estabilización de la subrasante.....	43
4.2.1.	Descripción.....	43
4.2.2.	Definición.....	43
4.2.3.	Requisitos de los materiales a estabilizar.....	44
4.2.4.	Equipo	45
4.2.4.1.	Planta de mezclado	45
4.2.4.2.	Estabilizadoras	46
4.2.4.3.	Motoconformadoras	46
4.2.4.4.	Extendedoras	47
4.2.4.5.	Compactadores	47
4.2.5.	Mezclado del material	47
4.2.5.1.	Mezclado en planta	48
4.2.5.2.	Mezclado en el lugar	48
4.2.5.3.	Mezclado con motoconformadora	49
4.2.6.	Requisitos de los materiales estabilizadores.....	49
4.2.6.1.	Cal hidratada	49
4.2.6.2.	Cal viva.....	49

4.2.6.3.	Granza de cal	49
4.2.6.4.	Lechada de cal	50
4.2.6.4.1.	Composición Química ..	50
4.2.6.4.2.	Residuo	50
4.2.6.4.3.	Grado de la Lechada....	51
4.2.6.5.	Puzolanas naturales o artificiales y cenizas volantes de carbón	51
4.2.6.6.	Escoria granulada de alto horno	51
4.2.6.7.	Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos.....	51
4.2.7.	Requisitos para el agua	52
4.2.8.	Condiciones climáticas	52
4.2.9.	Dosificación	52
4.2.10.	Escarificación del material de subrasante	54
4.2.11.	Aplicación de los estabilizadores	54
4.2.11.1.	Método en seco	55
4.2.12.	Como lechada.....	55
4.2.13.	Mezcla	55
4.2.13.1.	Mezclas de cal y ceniza fina	56
4.2.13.1.1.	Mezcla y curado iniciales.....	56
4.2.13.1.2.	Mezcla final.....	57
4.2.13.2.	Mezclas con productos químicos.....	57
4.2.14.	Compactación y acabado	58
4.2.15.	Curado.....	58
4.2.16.	Control de calidad, tolerancias y aceptación	59
4.2.16.1.	Control de calidad en características de los materiales.....	59
4.2.16.1.1.	Valor soporte	59

4.2.16.1.2.	Piedras grandes	59
4.2.16.1.3.	Cal hidratada, puzolanas, escorias de alto horno y otros estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos.....	60
4.2.16.1.4.	Agua.....	60
4.2.16.1.5.	Contenido de material estabilizador	60
4.2.16.2.	Tolerancias en las características de los materiales	60
4.2.16.3.	Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción	61
4.2.16.3.1.	Tolerancias en compactación	61
4.2.16.3.2.	Tolerancias de superficie.....	62
4.2.16.3.3.	Tolerancias en la deflexión.....	62
4.2.16.3.4.	Módulo de superficie y deformaciones verticales con deflectómetro de impacto liviano (lwd).....	63
4.2.16.3.5.	Tolerancias en la aplicación del material estabilizador	64
4.2.16.4.	Aceptación.....	64

4.2.17.	Medida.....	65
4.2.18.	Pago	65
4.3.	Sección 303 capa de subbase común.....	66
4.3.1.	Descripción.....	66
4.3.2.	Definición.....	66
4.3.2.1.	Subbase común.....	67
4.3.2.2.	Materiales naturales	67
4.3.2.3.	Materiales cribados.....	67
4.3.2.4.	Materiales parcialmente triturados.....	67
4.3.2.5.	Materiales mezclados	68
4.3.3.	Espesor de la subbase	68
4.3.4.	Almacenamiento y transporte	68
4.3.5.	Requisitos para el material de subbase común	69
4.3.5.1.	Valor soporte	69
4.3.5.2.	Desempeño	69
4.3.5.3.	Piedras grandes y exceso de finos	69
4.3.5.4.	Plasticidad y cohesión	70
	4.3.5.4.1. Plasticidad.....	70
	4.3.5.4.2. Equivalente de arena....	70
	4.3.5.4.3. Impurezas.....	70
4.3.6.	Selección del material.....	73
4.3.7.	Explotación de los bancos de materiales.....	74
4.3.8.	Colocación y tendido	74
4.3.8.1.	Colocación.....	75
4.3.8.2.	Tendido.....	75
4.3.9.	Mezcla	75
4.3.10.	Riego de agua	76
4.3.11.	Conformación y compactación.....	76
4.3.12.	Control de calidad, tolerancias y aceptación	78

4.3.12.1.	Control de calidad en los materiales	78
4.3.12.1.1.	Valor soporte.....	78
4.3.12.1.2.	Piedras grandes y exceso de finos	78
4.3.12.1.3.	Granulometría	78
4.3.12.1.4.	Plasticidad y equivalente de arena.....	79
4.3.12.2.	Tolerancias en las características de los materiales	79
4.3.12.3.	Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción	79
4.3.12.3.1.	Compactación	79
4.3.12.3.2.	Superficie y espesor.....	80
4.3.12.3.3.	Deflexión	81
4.3.12.4.	Aceptación.....	82
4.3.13.	Correcciones	82
4.3.13.1.	Correcciones por defectos de construcción imputables al contratista	82
4.3.13.1.1.	Corrección de defectos en la superficie, baches, grietas, laminación	83
4.3.13.1.2.	Corrección por falta de homogeneidad	83
4.3.13.1.3.	Correcciones por irregularidades del espesor de la	

	superficie de la capa de subbase.....	84
4.3.13.2.	Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista	85
4.3.14.	Medida.....	85
4.3.15.	Pago	86
4.4.	Sección 304: capa de subbase y base granular	87
4.4.1.	Descripción	87
4.4.2.	Definiciones	87
4.4.2.1.	Subbase granular	87
4.4.2.2.	Base granular	88
4.4.3.	Requisitos para los materiales.....	88
4.4.3.1.	Valor soporte	88
4.4.3.1.1.	Subbase	88
4.4.3.1.2.	Bases	89
4.4.3.2.	Abrasión	89
4.4.3.3.	Partículas planas o alargadas.....	89
4.4.3.4.	Impurezas	90
4.4.3.5.	Graduación	90
4.4.3.6.	Plasticidad y cohesión	91
4.4.3.7.	Material de relleno	93
4.4.4.	Producción del material	93
4.4.5.	Colocación y tendido	94
4.4.6.	Mezcla	94
4.4.7.	Riego de agua	95
4.4.8.	Conformación y compactación.....	95
4.4.9.	Control de calidad, tolerancias y aceptación.....	97
4.4.9.1.	Control de calidad de los materiales....	97

4.4.9.1.1.	Valor soporte.....	97
4.4.9.1.2.	Abrasión	98
4.4.9.1.3.	Partículas planas o alargadas	98
4.4.9.1.4.	Graduación.....	98
4.4.9.1.5.	Plasticidad y equivalente de arena.....	98
4.4.9.2.	Tolerancias de las características de los materiales	98
4.4.9.3.	Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción	99
4.4.9.3.1.	Compactación	99
4.4.9.3.2.	Superficie	100
4.4.9.3.3.	Deflexión	100
4.4.9.3.4.	Espesor.....	101
4.4.9.3.5.	Aceptación	101
4.4.10.	Correcciones	102
4.4.10.1.	Correcciones por defectos de construcción imputables al contratista	102
4.4.10.1.1.	Corrección de defectos en la superficie, baches, grietas y laminación	103
4.4.10.1.2.	Corrección por falta de homogeneidad	103
4.4.10.1.3.	Correcciones por diferencias en el espesor	104

	4.4.10.1.4.	Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista.....	104
	4.4.11.	Medida.....	105
	4.4.12.	Pago	105
4.5.		Sección 305: capa de subbase y base de grava o piedra trituradas.....	106
	4.5.1.	Descripción.....	106
	4.5.2.	Definiciones	107
	4.5.2.1.	Subbase triturada	107
	4.5.2.2.	Base triturada.	107
	4.5.2.3.	Materiales cribados.....	108
	4.5.2.4.	Materiales parcialmente triturados.....	108
	4.5.2.5.	Materiales totalmente triturados.....	108
	4.5.2.6.	Materiales mezclados	108
	4.5.3.	Requisitos de los materiales para subbases	109
	4.5.4.	Requisitos de los materiales para bases de pavimento asfáltico y de pavimentos de concreto hidráulico	113
	4.5.5.	Producción del material de base.....	119
	4.5.6.	Colocación y tendido	120
	4.5.7.	Mezcla	121
	4.5.8.	Riego de agua	121
	4.5.9.	Conformación y compactación.....	122
	4.5.10.	Control de calidad, tolerancias y aceptación	123
	4.5.10.1.	Control de calidad de los materiales..	124
	4.5.10.1.1.	Valor soporte	124

	4.5.10.1.2.	Abrasión.....	124
	4.5.10.1.3.	Caras fracturadas y partículas planas o alargadas	124
	4.5.10.1.4.	Graduación.....	124
	4.5.10.1.5.	Plasticidad y equivalente de arena...	125
4.5.10.2.		Tolerancias de las características de los materiales	125
4.5.10.3.		Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción	125
	4.5.10.3.1.	Compactación	126
	4.5.10.3.2.	Superficie	126
	4.5.10.3.3.	Deflexión	127
	4.5.10.3.4.	Valor soporte.....	128
	4.5.10.3.5.	Espesor.....	128
	4.5.10.3.6.	Aceptación	129
4.5.11.		Correcciones	129
	4.5.11.1.	Correcciones por defectos de construcción imputables al contratista	129
	4.5.11.1.1.	Corrección de defectos en la superficie, baches, grietas y laminación	129
	4.5.11.1.2.	Corrección por falta de homogeneidad	130

	4.5.11.1.3.	Correcciones por diferencias en el espesor.....	130
	4.5.11.2.	Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista	131
	4.5.12.	Medida.....	131
	4.5.13.	Pago	132
4.6.		Sección 306: capa de subbase y base de recuperación del pavimento existente.....	133
	4.6.1.	Descripción	133
	4.6.2.	Definición	133
	4.6.3.	Condiciones climáticas	134
	4.6.4.	Precauciones durante la obra	134
	4.6.5.	Requisitos de los materiales	135
	4.6.5.1.	Material de Aporte	135
	4.6.5.2.	Mezcla del material recuperado con el de aporte.....	135
	4.6.5.3.	Valor soporte de la capa recuperada.	136
	4.6.6.	Equipo	137
	4.6.6.1.	Equipo de recuperación.....	138
	4.6.6.2.	Compactadores	139
	4.6.6.2.1.	Compactadores de rodillos metálicos	139
	4.6.6.2.2.	Compactadores neumáticos	140
	4.6.6.2.3.	Barredoras mecánicas	140
	4.6.7.	Escarificación y pulverización del pavimento existente	140

4.6.8.	Mezcla	142
4.6.9.	Riego de agua	142
4.6.10.	Conformación y compactación	142
4.6.11.	Control de calidad, tolerancias y aceptación	144
4.6.11.1.	Control de calidad de los materiales ..	144
4.6.11.1.1.	Valor soporte.....	144
4.6.11.1.2.	Abrasión	144
4.6.11.1.3.	Partículas planas o alargadas	145
4.6.11.1.4.	Graduación.....	145
4.6.11.1.5.	Plasticidad y equivalente de arena...	145
4.6.11.2.	Tolerancias de las características de los materiales	145
4.6.11.3.	Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción	146
4.6.11.3.1.	Compactación	146
4.6.11.3.2.	Superficie	147
4.6.11.3.3.	Deflexión	147
4.6.11.3.4.	Deflectómetro de impacto.....	148
4.6.11.3.5.	Espesor.....	148
4.6.11.3.6.	Aceptación	149
4.6.12.	Correcciones	149
4.6.12.1.	Correcciones por defectos de construcción imputables al contratista	150
4.6.12.1.1.	Corrección de defectos en la	

	superficie, baches, grietas y laminación....	150
4.6.12.1.2.	Corrección por falta de homogeneidad.....	151
4.6.12.1.3.	Correcciones por diferencias en el espesor.....	151
4.6.12.2.	Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista	152
4.6.13.	Medida.....	152
4.6.14.	Pago	153
4.7.	Sección 307: capa de subbase y base estabilizada	154
4.7.1.	Descripción	154
4.7.2.	Definición y clasificación.....	155
4.7.2.1.	Subbase estabilizada.....	155
4.7.2.2.	Base estabilizada.....	155
4.7.2.2.1.	Materiales modificados con cal....	156
4.7.2.2.2.	Materiales modificados con cemento.....	156
4.7.2.2.3.	Materiales estabilizados con cemento.....	157
4.7.2.2.4.	Materiales estabilizados con asfalto.....	157

4.7.2.2.5.	Base de mezcla asfáltica: base negra ...	157
4.7.2.2.6.	Base de concreto hidráulico magro o de baja resistencia	157
4.7.2.2.7.	Materiales estabilizados con geomallas de polímeros sintéticos	158
4.7.2.2.8.	Geomallas flexibles	158
4.7.2.2.9.	Geomallas rígidas	158
4.7.2.2.10.	Materiales estabilizados con conglomerantes hidráulicos tipo 2	158
4.7.3.	Requisitos para los materiales a estabilizar	159
4.7.3.1.	Material a estabilizar para subbase....	159
4.7.3.1.1.	Estabilización con cal..	159
4.7.3.1.2.	Estabilización con cemento	159
4.7.3.1.3.	Estabilización con material bituminoso	159
4.7.3.2.	Material a estabilizar para base.....	160
4.7.3.2.1.	Abrasión.....	160
4.7.3.2.2.	Desintegración al sulfato de sodio	160
4.7.3.2.3.	Caras fracturadas y partículas planas o alargadas	160

	4.7.3.2.4.	Impurezas.....	161
	4.7.3.2.5.	Graduación.....	161
	4.7.3.2.6.	Plasticidad y equivalente de arena..	161
	4.7.3.2.7.	Peso	162
	4.7.3.2.8.	Material de relleno	162
4.7.4.		Requisitos para los materiales estabilizadores	162
	4.7.4.1.	Cal hidratada	163
	4.7.4.2.	Lechada de cal	163
	4.7.4.2.1.	Composición química .	163
	4.7.4.2.2.	Residuo	163
	4.7.4.3.	Grado de la lechada	164
	4.7.4.3.1.	Grado 1	164
	4.7.4.3.2.	Grado 2	164
	4.7.4.4.	Cemento hidráulico.....	164
	4.7.4.5.	Puzolanas naturales o artificiales y cenizas volantes de carbón	164
	4.7.4.6.	Materiales bituminosos	165
	4.7.4.7.	Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos.....	166
	4.7.4.8.	Aditivos retardantes del fraguado y endurecimiento	167
	4.7.4.9.	Geomallas.....	167
	4.7.4.9.1.	Requisitos químicos ...	167
	4.7.4.9.2.	Requisitos mecánicos.	167
4.7.5.		Requisitos para el agua	169
4.7.6.		Requisitos para el material estabilizado	170
4.7.7.		Resistencia a la compresión no confinada	170
	4.7.7.1.	Resistencia a mojado y secado	171

4.7.7.2.	Estabilidad Marshall	172
4.7.7.3.	Plasticidad.....	173
4.7.8.	Requisitos para materiales de curado	173
4.7.8.1.	Requisitos para emulsiones asfálticas de curado	174
4.7.8.2.	Requisitos para otros materiales de curado	174
4.7.9.	Espesor de la subbase o base estabilizada y método para determinarlo	174
4.7.9.1.	Espesor de la base o subbase estabilizada	174
4.7.10.	Determinación del procedimiento de estabilización.....	175
4.7.11.	Combinación de varios materiales a estabilizar	176
4.7.11.1.	Selección de los materiales a estabilizar	176
4.7.12.	Requisitos para estabilización con cal y con otros estabilizadores: puzolanas o escorias de alto horno	177
4.7.12.1.	Cantidad de aplicación	177
4.7.12.2.	Mezcla	177
4.7.12.3.	Mezcla en carretera.....	178
4.7.12.4.	Aplicación en seco	178
4.7.12.5.	Aplicación en lechada	179
4.7.12.6.	Mezcla en planta	179
4.7.12.7.	Tendido del material.....	180
4.7.12.8.	Afinamiento y compactación.....	181
4.7.12.9.	Curado.....	182
4.7.12.10.	Juntas de construcción.....	183

4.7.13.	Requisitos para estabilización con cemento hidráulico o con mezclas de cemento hidráulico y otros estabilizadores: cal, puzolanas, y escorias de alto horno.....	183
4.7.13.1.	Cantidad de aplicación	183
4.7.13.2.	Mezcla	184
4.7.13.2.1.	Mezcla en carretera....	184
4.7.13.2.2.	Aplicación y mezcla en planta.....	185
4.7.13.3.	Requisitos de tiempo para las operaciones de estabilización con cemento hidráulico.....	189
4.7.13.4.	Afinamiento y compactación	189
4.7.13.5.	Curado	191
4.7.13.6.	Juntas de construcción	191
4.7.14.	Requisitos para estabilización con material bituminoso	192
4.7.14.1.	Cantidad de aplicación	192
4.7.14.2.	Mezcla del material bituminoso.....	192
4.7.14.2.1.	Aplicación y mezcla en la carretera por riegos	193
4.7.14.2.2.	Aplicación y mezcla en la carretera por mezcladora móvil o estabilizadora	194
4.7.14.2.3.	Aplicación y mezcla en planta.....	194
4.7.14.2.4.	Aireación	195
4.7.14.2.5.	Tendido	197

	4.7.14.2.6.	Afinamiento y compactación	197
	4.7.14.2.7.	Curado de la mezcla ...	198
4.7.15.		Requisitos de estabilización con geomalla	199
4.7.16.		Estabilización con productos químicos orgánicos e inorgánicos	200
4.7.17.		Consideraciones generales	200
4.7.18.		Requisitos de clima	201
4.7.19.		Equipo	202
	4.7.19.1.	Estabilizadoras	202
	4.7.19.2.	Motoconformadoras	203
	4.7.19.3.	Extendedoras	203
	4.7.19.4.	Compactadores	203
4.7.20.		Control de tránsito y mantenimiento	204
	4.7.20.1.	Control de tránsito	204
	4.7.20.2.	Mantenimiento	204
4.7.21.		Control de calidad, tolerancias y aceptación	204
	4.7.21.1.	Control de calidad en características de los materiales	205
	4.7.21.1.1.	Compresión no confinada.....	205
	4.7.21.1.2.	Estabilidad Marshall	205
	4.7.21.1.3.	Cal hidratada, cemento puzolanas y escorias de alto horno.	205
	4.7.21.1.4.	Material bituminoso	206
	4.7.21.1.5.	Agua.....	206
	4.7.21.1.6.	Contenido de material estabilizador	206

4.7.21.2.	Tolerancias en las características de los materiales.....	206
4.7.21.2.1.	Geomalla	207
4.7.21.3.	Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción	209
4.7.21.3.1.	Tolerancias en compactación	209
4.7.21.3.2.	Tolerancias de Superficie	210
4.7.21.3.3.	Tolerancias en la Deflexión	210
4.7.21.3.4.	Tolerancias en la aplicación del material estabilizador	211
4.7.21.4.	Aceptación	211
4.7.21.4.1.	Líneas y niveles.....	212
4.7.22.	Correcciones.....	214
4.7.22.1.	Correcciones por defectos de construcción imputables al contratista	214
4.7.22.2.	Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista	214
4.7.23.	Medidas de mitigación de impacto ambiental	215
4.7.24.	Medida.....	215
4.7.24.1.	Capa de subbase y/o base estabilizada.....	215
4.7.24.2.	Material estabilizador.....	216

	4.7.24.2.1.	Cal, cemento puzolanas y escorias de altos hornos.....	216
	4.7.24.2.2.	Material bituminoso	216
	4.7.24.2.3.	Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos.....	216
	4.7.24.3.	Materiales para curado.....	217
	4.7.24.3.1.	Material bituminoso	217
	4.7.24.3.2.	Otros materiales para curado	217
4.7.25.	Pago.....		218
	4.7.25.1.	Capa de subbase o base estabilizada	218
	4.7.25.2.	material estabilizador	218
	4.7.25.2.1.	Cal, cemento puzolanas y escorias de alto horno	218
	4.7.25.2.2.	Material bituminoso	219
	4.7.25.2.3.	Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos.....	219
	4.7.25.3.	Materiales para curado.....	220
	4.7.25.3.1.	Material bituminoso	220
	4.7.25.3.2.	Otros materiales para curado	220
4.8.	Sección 308: capa de base de suelo cemento		221

4.8.1.	Descripción	221
4.8.2.	Definición	222
	4.8.2.1. Base de suelo cemento	222
4.8.3.	Requisitos para los suelos a estabilizar	222
	4.8.3.1. Plasticidad	223
	4.8.3.2. Impurezas	223
	4.8.3.3. Graduación	224
	4.8.3.4. Peso	224
4.8.4.	Requisitos para el cemento hidráulico y otros materiales	224
	4.8.4.1. Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos.....	224
	4.8.4.2. Aditivos Retardantes del Fraguado y Endurecimiento.....	225
4.8.5.	Requisitos para el agua	225
4.8.6.	Requisitos para la mezcla del suelo cemento.....	225
	4.8.6.1. Resistencia	226
	4.8.6.1.1. Resistencia a compresión no confinada.....	226
	4.8.6.1.2. Resistencia a mojado y secado	226
	4.8.6.1.3. Plasticidad	226
4.8.7.	Requisitos para materiales de curado	227
4.8.8.	Espesor de la base de suelo cemento estabilizada y método para determinarlo	227
4.8.9.	Determinación del procedimiento de estabilización	227
4.8.10.	Combinación de varios materiales a estabilizar....	227

4.8.11.	Selección de los materiales a estabilizar.....	227
4.8.12.	Requisitos para la estabilización de la capa de base de suelo cemento	227
4.8.13.	Uso de productos químicos orgánicos e inorgánicos	228
4.8.14.	Requisitos de clima	228
4.8.15.	Control de tránsito y mantenimiento.....	228
4.8.16.	Control de calidad, tolerancias y aceptación	228
4.8.16.1.	Control de calidad en características de los materiales	229
4.8.16.1.1.	Compresión no confinada.....	229
4.8.16.1.2.	Cemento.....	229
4.8.16.1.3.	Agua.....	229
4.8.16.1.4.	Contenido del Cemento.....	229
4.8.16.2.	Tolerancias en las características de los materiales	230
4.8.16.3.	Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción	230
4.8.16.4.	Aceptación.....	230
4.8.17.	Correcciones	231
4.8.18.	Medida.....	231
4.8.18.1.	Capa de base de suelo cemento.....	231
4.8.18.2.	Cemento.....	231
4.8.18.3.	Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos	232
4.8.18.4.	Materiales para curado.....	232
4.8.18.4.1.	Material bituminoso	232

	4.8.18.4.2.	Otros materiales para curado	233
4.8.19.	Pago		233
	4.8.19.1.	Capa de base de suelo cemento	233
	4.8.19.2.	Cemento	233
	4.8.19.3.	Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos.....	234
	4.8.19.4.	Materiales para curado	234
		4.8.19.4.1. Material bituminoso	234
		4.8.19.4.2. Otros materiales para curado	235
4.9.	Sección 309: capa de base negra		236
	4.9.1.	Descripción	236
	4.9.2.	Definición	236
	4.9.3.	Requisitos para los materiales.....	237
		4.9.3.1. Granulometría.....	237
		4.9.3.2. Requisitos para el cemento asfáltico .	241
	4.9.4.	Determinación del procedimiento de construcción.....	243
	4.9.5.	producción del material pétreo.....	244
	4.9.6.	Preparación del material pétreo para mezcla en planta.....	245
	4.9.7.	Preparación del cemento asfáltico.....	245
		4.9.7.1. Tanques de almacenamiento y equipo	245
		4.9.7.2. Calentamiento del cemento asfáltico .	246
	4.9.8.	Mezcla	246
		4.9.8.1. Requisitos para las plantas mezcladoras	247

4.9.8.1.1.	Capacidad e instalación	247
4.9.8.1.2.	Secador.....	247
4.9.8.1.3.	Zarandas	248
4.9.8.1.4.	Tolvas	248
4.9.8.1.5.	Dispositivos para dosificar.....	248
4.9.8.1.6.	Alimentación de combustible y aire	248
4.9.8.1.7.	Colectores de polvo	249
4.9.8.1.8.	Silo de almacenamiento.....	249
4.9.8.1.9.	Unidad mezcladora	249
4.9.8.1.10.	Básculas para pesar la mezcla producida	249
4.9.8.1.11.	Requisitos de seguridad	250
4.9.8.2.	Calibración de la planta.....	250
4.9.8.3.	Requisitos de clima	250
4.9.9.	Cantidad de cemento asfáltico	251
4.9.10.	Carga y transporte de la mezcla.....	251
4.9.11.	Preparación de la superficie	252
4.9.12.	Colocación y tendido	252
4.9.13.	Compactación.	252
4.9.14.	Juntas.....	253
4.9.15.	Trabajo nocturno	254
4.9.16.	Control de calidad, tolerancias y aceptación	254
4.9.16.1.	Control de calidad de los materiales ..	254
4.9.16.1.1.	Abrasión	255

4.9.16.1.2.	Caras fracturadas y partículas planas alargadas.....	255
4.9.16.1.3.	Granulometría.....	255
4.9.16.1.4.	Plasticidad y equivalente de arena..	255
4.9.16.1.5.	Cemento asfáltico.....	255
4.9.16.1.6.	Mezcla asfáltica	256
4.9.16.2.	Tolerancias en las características de los materiales.....	256
4.9.16.3.	Tolerancias en los requisitos de construcción.....	256
4.9.16.3.1.	Compactación.....	257
4.9.16.3.2.	Superficie	257
4.9.16.3.3.	Tolerancias en la fórmula de trabajo.....	257
4.9.16.3.4.	Espesor.	258
4.9.16.3.5.	Deflexión	259
4.9.16.3.6.	Aceptación.....	259
4.9.17.	Correcciones.....	260
4.9.17.1.	Correcciones por defectos de construcción o causas imputables al contratista. defectos en la superficie, espesor deficiente, baches, grietas, segregación y laminación	260
4.9.17.2.	Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista	260
4.9.18.	Medida.....	261

4.9.18.1.	Capa de base negra por volumen	261
4.9.18.2.	Capa de base negra por peso	261
4.9.18.3.	Cemento asfáltico.....	262
4.9.18.4.	Control de calidad por desempeño.....	263
4.9.19.	Pago.....	263
4.9.19.1.	Capa de base negra por volumen	264
4.9.19.2.	Capa de base negra por peso	264
4.9.19.3.	Cemento asfáltico.....	264
4.10.	Sección 310: recuperación y estabilización del pavimento existente.....	265
4.10.1.	Definición.....	265
4.10.2.	Descripción.....	265
4.10.3.	Materiales.....	266
4.10.3.1.	Material de aporte	266
4.10.3.2.	Materiales a estabilizar.....	267
4.10.3.3.	Materiales estabilizadores	267
4.10.3.4.	Mezcla del material recuperado con el de aporte.	267
4.10.3.5.	Agua.....	267
4.10.3.6.	Material estabilizado.....	268
4.10.3.7.	Materiales de curado.....	268
4.10.4.	Equipo	268
4.10.4.1.	Equipo de recuperación	269
4.10.4.2.	Compactadores	270
4.10.4.2.1.	Compactadores de rodillos metálicos.....	270
4.10.4.2.2.	Compactadores neumáticos.....	271
4.10.4.2.3.	Barredoras mecánicas	271

4.10.5.	Determinación del procedimiento de estabilización	271
4.10.6.	Selección de los bancos para material de aporte .	271
4.10.7.	Escarificación, pulverización y estabilización del pavimento existente.....	272
4.10.8.	Conformación y compactación.....	272
4.10.9.	Requisitos para estabilización con cal y cal con otros estabilizadores: puzolanas o escorias de alto horno.....	274
4.10.10.	Requisitos para estabilización con cemento hidráulico o con mezclas de cemento hidráulico y otros estabilizadores: cal, puzolanas, y escorias de alto horno.....	274
4.10.11.	Requisitos para estabilización con material bituminoso	275
4.10.12.	Estabilización con productos químicos orgánicos e inorgánicos	275
4.10.13.	Requisitos de clima.....	275
4.10.14.	Acabado	275
4.10.15.	Control de tránsito y mantenimiento	276
4.10.16.	Control de calidad, tolerancias y aceptación	276
	4.10.16.1. Calidad de la mezcla asfáltica	276
	4.10.16.2. líneas y pendientes.....	277
4.10.17.	Correcciones.....	278
4.10.18.	Medidas de mitigación del impacto ambiental	279
4.10.19.	Medida.....	279
	4.10.19.1. Material recuperado del pavimento existente	279
	4.10.19.2. Material de aporte.....	280

4.10.19.3.	Material estabilizador	280
4.10.19.3.1.	Cal, cemento, puzolanas y escorias de altos hornos.....	280
4.10.19.3.2.	Material bituminoso	281
4.10.19.3.3.	Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos.....	281
4.10.19.3.4.	Materiales para curado	281
4.10.20.	Pago.....	282
4.10.20.1.	Material recuperado del pavimento existente	282
4.10.20.2.	Material de aporte	282
4.10.20.3.	Material estabilizador	283
4.10.20.3.1.	Cal, cemento, puzolanas o escorias de alto horno	283
4.10.20.3.2.	Material bituminoso	283
4.10.20.3.3.	Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos.....	283
4.10.20.3.4.	Materiales para Curado.	284
4.11.	Sección 311: fresado del pavimento	285
4.11.1.	Descripción.....	285
4.11.2.	Definición.....	286

4.11.3.	Equipo	286
4.11.3.1.	Fresadoras.....	287
4.11.3.2.	Camión cisterna.....	288
4.11.3.3.	Camiones de volteo	288
4.11.4.	Fresado	289
4.11.4.1.	Textura	290
4.11.4.2.	Fricción	290
4.11.5.	Precauciones durante la obra	292
4.11.6.	Medidas de mitigación de impacto ambiental	292
4.11.7.	Tolerancias	293
4.11.8.	Criterios de aceptación	293
4.11.9.	Medida.....	294
4.11.10.	Pago.	294
4.12.	Sección 312: paliativos del polvo.....	295
4.12.1.	Descripción.....	295
4.12.2.	Definición.....	295
4.12.3.	Requisitos de los materiales.....	295
4.12.3.1.	Cloruro de calcio.....	295
4.12.3.2.	Emulsión asfáltica.....	296
4.12.3.2.1.	Emulsiones aniónicas.	296
4.12.3.2.2.	Emulsiones cатиónicas.....	296
4.12.3.3.	Sulfonato de lignina	297
4.12.3.4.	Cloruro de magnesio	297
4.12.3.5.	Agua	297
4.12.4.	Generalidades	297
4.12.5.	Preparación y aplicación.....	298
4.12.5.1.	Emulsión asfáltica.....	298

4.12.5.2.	Sulfonato de lignina, cloruro de calcio o cloruro de magnesio.....	299
4.12.5.3.	Productos orgánicos.....	300
4.12.6.	Medidas de mitigación de impacto ambiental.....	300
4.12.7.	Medida.....	300
4.12.7.1.	Emulsión asfáltica	300
4.12.7.2.	Sulfonato de lignina, cloruro de calcio o cloruro de magnesio.....	301
4.12.8.	Pago.....	301
4.12.8.1.	Emulsión asfáltica	301
4.12.8.2.	Sulfonato de lignina, cloruro de calcio o cloruro de magnesio.....	301
4.13.	Sección 313: apilamiento y almacenamiento de agregados ..	302
4.13.1.	Descripción.....	302
4.13.2.	Definiciones.....	302
4.13.2.1.	Apilamiento de agregados.....	302
4.13.2.2.	Almacenamiento de agregados.....	303
4.13.2.3.	Transporte de agregados.	303
4.13.3.	Materiales.....	303
4.13.4.	Selección de los lugares para apilamiento y almacenamiento	303
4.13.5.	Preparación de los lugares para apilamiento y almacenamiento	304
4.13.6.	Apilamiento de agregados.....	304
4.13.7.	Protección de los agregados.....	306
4.13.8.	Disponibilidad de los agregados.....	307
4.13.9.	Transporte de materiales.....	307
4.13.10.	Medida.....	307
4.13.11.	Pago.....	308

CONCLUSIONES 309
RECOMENDACIONES 313
BIBLIOGRAFÍA..... 315

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ejemplo de curva granulométrica	5
2.	Límites de atterberg	6
3.	Rango del límite líquido e índice de plasticidad para suelos de los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7.....	11
4.	Sección típica transversal de un pavimento rígido	12
5.	Sección típica de un pavimento articulado	13
6.	Sección típica de un pavimento flexible	15
7.	Proceso de estabilización de sub rasante	17
8.	Proceso de colocación de geotextil	19
9.	Proceso de colocación de suelo cemento	24
10.	Recuperación de asfalto existente.	25
11.	Proceso de fresado	26
12.	Visita técnica, proyecto CA-1.	30
13.	Zonas granulométricas recomendables de los materiales para sub base de pavimentos asfálticos	111
14.	Figura 307-1. Ubicación de los puntos por nivelar.	213
15.	Figura 309-1. Zonas granulométricas recomendables del material pétreo para bases de mezcla asfáltica (bases negras)	238
16.	Figura 310-1. Ubicación de los puntos por nivelar	278

TABLAS

I.	Límites de tamaño de suelos separados	5
II.	Clasificación de materiales de subrasante de carreteras, materiales granulares.....	9
III.	Clasificación de materiales de subrasante de carreteras, materiales limo-arcilla.....	10
IV.	Tabla 301-1. Requisitos de calidad de materiales para capa sub rasante.....	37
V.	Tabla 302-1. Requisitos de calidad de materiales para capa sub rasante.....	44
VI.	Tabla 302-1 requisitos de graduación para el residuo	50
VII.	Tabla 302-2 requisitos de graduación de la mezcla final.....	57
VIII.	Tabla 303-1. Requisitos de granulometría de los materiales para sub base de pavimentos asfálticos; tomando en cuenta el número de ejes equivalentes.....	72
IX.	Tabla 303-2. Requisitos de calidad de los materiales para subbase de pavimento asfáltico; tomando en cuenta el número de ejes equivalentes.....	73
X.	Tabla 304-1. Requisitos de granulometría de los materiales para subbase de pavimentos asfálticos; tomando en consideración el sistema de ejes equivalentes	91
XI.	Tabla 304-2. Requisitos de calidad de los materiales para subbase de pavimentos asfálticos; tomando en cuenta el sistema de ejes equivalentes.....	92
XII.	Tabla 305-1. Requisitos de granulometría de los materiales para subbase de pavimentos asfálticos	110
XIII.	Tabla 305-2.- requisitos de calidad de los materiales para subbase de pavimentos asfálticos.....	112

XIV.	Tabla 305-3. Requisitos de granulometría de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de concreto hidráulico	114
XV.	Tabla 305-4. Requisitos de calidad de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de concreto hidráulico	115
XVI.	Tabla 305-5. Requisitos de granulometría de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de mezcla asfáltica de granulometría densa	116
XVII.	Tabla 305-4 requisitos de calidad de los materiales para bases de pavimentos asfálticos	117
XVIII.	Tabla 305-5. Requisitos de granulometría de los materiales para bases que sean cubiertas solo con un tratamiento asfáltico superficial.....	118
XIX.	Tabla 307-1 requisitos de graduación para el residuo.....	163
XX.	Tabla 307-2 requisitos para los materiales bituminosos.....	165
XXI.	Tabla 307-3. Requisitos mecánicos para geomallas de polímeros sintéticos para terracerías, subbase y bases.....	169
XXII.	Tabla 307-4 requisitos de resistencia a la compresión no confinada.....	171
XXIII.	Tabla 307-05 requisitos de graduación de la mezcla final.....	178
XXIV.	Tabla 307-2 número de rollos por seleccionar de cada lote de una misma clase de geomalla de polímeros sintéticos para terracerías, subbase y bases.....	208
XXV.	Tabla 307-3. Tolerancias para líneas y niveles	212
XXVI.	Tabla 309-1. Requisitos de granulometría del material pétreo para bases de mezcla asfáltica (bases negras).....	237
XXVII.	Tabla 309-2. Requisitos de calidad del material pétreo para bases de mezcla asfáltica (bases negras).....	239

XXVIII. Tabla 309-3. Requisitos de calidad para bases de mezcla asfáltica diseñadas mediante el método Marshall.....240

XXIX. Tabla 309-4. Vacíos en el agregado mineral (vam) para bases de mezcla asfáltica diseñadas mediante el método marshall241

XXX. Tabla 309-2 graduación del cemento asfáltico para base negra.....242

XXXI. Tabla 309-3. Tolerancias en la fórmula de trabajo.....258

XXXII. Tabla 310-1. Tolerancias para líneas y pendientes278

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
SS	Bitumen aniónico
CSS	Bitumen catiónico
BTU	<i>British termal units</i>
BTU/h	<i>British termal units per hour</i>
CBR	California Bearing Ratio
cm	Centímetro
cm/km	Centímetro por kilómetro
cS	Centístokes
CA	Cemento asfáltico
MC	Curado medio
LWD	Deflectómetro de impacto liviano
°C	Grados centígrados
g	Gramo
IP	Índice plástico
kg	Kilogramo
kgf/cm²	Kilogramo fuerza por centímetro cuadrado
kN	Kilo Newton, x10 ³ Newton.
kg/cm³	Kilogramo por centímetro cúbico
LL	Límite líquido
LP	Límite plástico
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico

m/km	Metro por kilómetro
MPa	Mega pascales, $\times 10^6$ Pascales.
mm	Milímetro
N°	Número
Pa-s	Pascales por segundo
%	Porcentaje
plg	Pulgadas
plg²	Pulgadas cuadradas
plg³	Pulgadas cúbicas
SC	Reducción de curado lento
W	Watts

GLOSARIO

Abrasión	Acción de quitar algo usando fricción.
Aireación	Acción de airear.
Apilamiento	Sobreposición de varios elementos en forma de pila.
<i>British thermal units</i>	Unidad térmica Británica.
Cribado	Acción de pasar un material por una criba para separar las partes finas y las gruesas.
Emulsión asfáltica	Dispersiones coloidales de glóbulos de asfalto dentro de una fase acuosa, compuesta generalmente, por agua y un agente emulsivo.
Fraguado	Proceso de endurecimiento de un material.
Fresado	Operación mecánica que permite labrar superficies planas o con distintos perfiles
Geomalla	Geo sintético empleado en materiales de construcción.
Material pétreo	Materiales provenientes de las rocas.

Pavimento	Capa lisa y resistente hecha de distintos materiales con los que se recubre el suelo para crear una superficie plana y transitable.
Puzolana	Roca de origen volcánico fragmentado de composición basáltica.
Zarandas	Instrumento empleado para cernir o cribar materiales.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación ostenta una propuesta de actualización para la División 300, subbase y bases de las Especificaciones Generales para la construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos; mediante el análisis y comparación de normas internacionales, para identificar las técnicas y métodos obsoletos presentes en la normativa actual.

Para esta propuesta se tomó como base Manuales y Normas de La Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México pertenecientes a los temas CAR, carreteras, y los criterios de profesionales expertos en el tema para adaptar de una mejor manera la normativa extranjera a la tecnología, prácticas y métodos de construcción del país.

Las Especificaciones Generales para la construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos conocida coloquialmente como El Libro Azul de Caminos, es el compendio de normativas que rige la construcción de carreteras y puentes en el país. Siendo la primera edición publicada en septiembre del 2001.

OBJETIVOS

General

Proponer una modificación para las Secciones de la división 300 subbase y bases de las Especificaciones Generales para la construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos.

Específicos

1. Analizar la sección 300 de las Especificaciones Generales para la construcción de Carreteras y Puentes e identificar las técnicas, métodos y procedimientos que requieren actualizaciones.
2. Sugerir métodos, procedimientos y técnicas que modifiquen las disposiciones obsoletas.
3. Modificar la sección 300 de las Especificaciones Generales para la construcción de Carreteras y Puentes a partir del análisis y sugerencias establecidas.

INTRODUCCIÓN

Las Especificaciones Generales de construcción de Carreteras y Puentes es el compendio de normas que rige la relación entre contratistas y la dirección general de caminos. Este da las pautas mínimas que se deben de cumplir en la construcción de la infraestructura vial en el país.

En sus páginas, se inicia con las disposiciones generales, que brinda los procesos, características de licitación y responsabilidades de oferta, requerimientos del proyecto y movimiento de tierras, terraplenes estructurales, subbase y bases, pavimentos asfálticos y pavimentos rígidos, distintos tipos de estructuras y aspectos ambientales (Dirección General de Caminos, 2002). Distribuidos en 11 divisiones que a su vez se disponen en Secciones.

La actual edición de Las Especificaciones Generales de construcción de Carreteras y Puentes se basa no solo en la FP-96 del Departamento de Transporte de Estados Unidos, así como normativas de países de América del Sur, algunos estados de Estados Unidos y la experiencia de profesionales expertos nacionales para poder realizar la mejor adaptación posible al ambiente guatemalteco.

Para que una carretera o pavimento funcione de la manera deseada es requerido que todos los componentes de esta se encuentren en óptimas condiciones. Siendo las partes de un pavimento flexible: subrasante, subbase, base y capa de rodadura.

La división 300 de Las Especificaciones Generales de construcción de Carreteras y Puentes, titulada Subbase y bases estipula a grandes rasgos las características de los materiales requeridos para este propósito sus requisitos de construcción, métodos de estabilización, recuperación, fresado del pavimento apilamiento y almacenamiento de agregados (Dirección General de Caminos, 2002).

Con intención de incentivar al desarrollo en la infraestructura vial del país, el objetivo de este trabajo es el proponer una actualización a la división 300 de Las Especificaciones Generales de construcción de Carreteras y Puentes, mediante la comparación de normativas internacionales y experiencias de profesionales en el campo de la construcción de infraestructura vial.

1. ANTECEDENTES

- The US Department Of Transportation mediante su división Federal Highway Administration, publicó en el año 1996 la normativa para la construcción de puentes y carreteras federales titulada, Standart Specifications For Construction Of Roads and Bridges on Federal Highway Projects, conocida comúnmente como FP-96 English Units (Federal Highway Administration).
- En él se contemplan todos los requisitos para la construcción y ejecución de puentes y carreteras federales bajo directa administración de la Federal Highway Administration de los Estados Unidos. Esta se actualizo en el año 2001 a unidades estándar de medida.
- La Normativa para la Infraestructura del Transporte (Normativa SCT), es el conjunto de criterios, métodos y procedimientos para la correcta ejecución de los trabajos que realiza la Secretaria de Comunicaciones y Transportes para la infraestructura del transporte (Instituto Nacional del Transporte).
- Esta normativa es de las más avanzadas en la región en cuanto a procedimientos, ejecución y criterios de control de calidad.
- Las Especificaciones Generales para la construcción de Carreteras y Puentes, es el compendio que norma en forma general, las relaciones entre la Dirección General de caminos y los contratistas, para todas sus obras (Dirección General de Caminos). Estas especificaciones

contemplan una próxima actualización, con el objeto de modernizar, eficientizar y mejorar el proceso de construcción de carreteras y puentes del país.

- American Association of State Highway and Transportation Officials por sus siglas en inglés AASHTO es un órgano que establece normativas, especificaciones, protocolos y guías empleando el diseño y construcción de autopistas de los Estados Unidos (American Association of State Highway and Transportation Officials).
- Estas especificaciones son de las más utilizadas en el país. En ellas podemos encontrar desde ensayos hasta guías para la construcción de carreteras, bajo normativa internacional.
- Instituto Nacional de Vías INVIAS es una entidad del orden nacional, adscrita al Ministerio de transporte, encargada de ejecutar políticas, estrategias, planes, programas y proyectos de infraestructura de transporte carretero férreo y marítimo de acuerdo con los lineamientos dados por el Gobierno Nacional de Colombia (Instituto Nacional de Vías).

Las especificaciones generales de construcción de carreteras de Colombia tuvieron su última actualización en el año 2020, esta incluyó la actualización de equipos, criterios y desempeño para mejorar la calidad de la infraestructura vial del país. Esto se realizó mediante la consolidación de mesas técnicas formadas por la academia, gremios, constructores e industriales.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Estudios geotécnicos

El suelo juega un papel de vital importancia en el diseño y ejecución de un pavimento por ello es requerido realizar ensayos de laboratorio a los materiales que se emplearan en la construcción de las capas del pavimento.

La información geotécnica brinda información sobre las propiedades físicas, químicas y mecánicas de este. Para su obtención se requiere una investigación que contenga:

- Determinación del perfil del suelo: este se realiza mediante perforaciones en el terreno para identificar los distintos estratos del suelo y su extensión; permitiendo la ubicación de aguas freáticas. Este estudio se hace de manera que represente una fuente importante de información con base a su ubicación, profundidad y número de perforaciones, para determinar toda variación importante en la caracterización del suelo.
- Toma de muestras de las capas de suelo: cuando se realiza una perforación se debe de tomar un muestreo de este, pudiendo ser de dos tipos: Alteradas e inalteradas.

Para vías terrestres se suele emplear sondeos con espaciamentos entre 350 y 600 m, considerando las similitudes del material, partiendo desde un corte presente.

Los ensayos que comúnmente se utilizan para determinar propiedades y clasificación de materiales son:

- Limite líquido (AASHTO T 89)
- Limite plástico (AASHTO T 90)
- Hinchamiento (AASHTO T 193)
- Humedad de campo con carburo (AASHTO T 217)
- Compactación (AASHTO T 180 y T191)
- Granulometría

2.2. Caracterización geotécnica

La caracterización geotécnica es identificar las principales características de los materiales que conforman el suelo, con el fin de conocerlo y comprenderlo de mejor manera.

2.2.1. Tamaño de las partículas del suelo

Los suelos están compuestos por partículas de distintos tamaños, variando en un amplio rango. Estos generalmente se clasifican como: grava, arena, limo o arcilla, dependiendo el tamaño que predomine en sus partículas.

Tabla I. **Límites de tamaño de suelos separados**

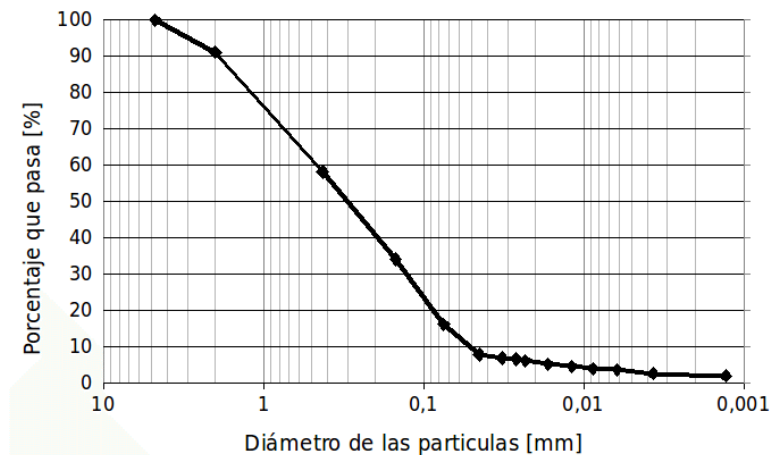
Tamaño del grano en mm			
Grava	Arena	Limo	Arcilla
76,2 a 2	2 a 0,075	0,075 a 0,002	<0,002

Fuente: Asociación Americana de funcionarios del Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO). *Límites de tamaño de suelos separados*. p.5.

2.2.2. Curva de distribución granulométrica

Las curvas granulométricas se presentan en gráficas semilogarítmicas de distribución en las cuales se puede observar un análisis mecánico, en estas se representan los porcentajes de los diámetros de las partículas presentes en el material que se está estudiando.

Figura 1. **Ejemplo de curva granulométrica**



Fuente: WEBER, Juan. F. *Curva granulométrica del suelo de ensayo*.

https://www.researchgate.net/figure/Figura-10-Curva-granulometrica-del-suelo-del-sitio-de-ensayo_fig6_321061589. Consulta: 22 de julio de 2021.

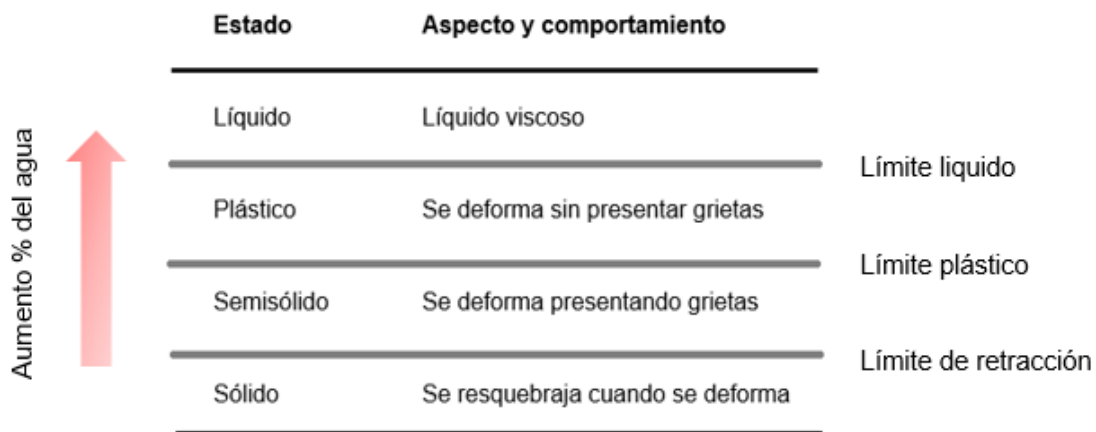
2.2.3. Consistencia del suelo

Cuando el suelo de grano fino posee contenido de agua muy bajo este se comporta como un sólido frágil. En contraste, cuando el contenido de agua presente es alto; el suelo, en conjunto con el agua, fluye como líquido.

Dependiendo del contenido de agua presente en el suelo este se clasifica como: sólido, semisólido, plásticos y líquido.

El índice de plasticidad, IP es el porcentaje de peso seco de la muestra de suelo que indica el intervalo de variación del contenido de humedad. Sigue dentro de la clasificación de suelo plástico.

Figura 2. Límites de Atterberg



Estado	Aspecto y comportamiento	
Líquido	Líquido viscoso	
		Límite líquido
Plástico	Se deforma sin presentar grietas	
		Límite plástico
Semisólido	Se deforma presentando grietas	
		Límite de retracción
Sólido	Se resquebraja cuando se deforma	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

- Límite líquido: este es el contenido de agua en un suelo fino, que posee una resistencia al corte de 25 g/cm^2 .

- Límite plástico: es el porcentaje de agua del suelo que al ser enrollado en rollitos de 3,2 mm de diámetro no presenta cohesión. Este es el límite inferior del estado plástico del suelo.

El índice plástico se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$IP = LL - PL$$

2.2.4. Clasificación del suelo

Los suelos que poseen propiedades análogas se clasifican tomando en cuenta su desempeño ingenieril. Existen actualmente dos sistemas de clasificación de suelos de acuerdo con su tamaño de grano y plasticidad, estas son: clasificación AASHTO y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. En Guatemala se emplea mayormente el sistema AASHTO.

La clasificación AASHTO ubica el suelo en siete principales grupos: A-1 a A-7. Se conocen como suelos con materiales granulares los que se encuentran en los grupos A-1, A-2 y A-3 en los cuales el 35 % o menos de las partículas pasan el tamiz N° 200. Los materiales que se encuentran en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 son en su mayoría limos y materiales arcillosos.

El sistema de clasificación toma en cuenta:

- Tamaño del grano:
 - Grava: porcentaje que pasa el tamiz 75 mm o 3 plg y es retenido por el tamiz N°10 o 2 mm.

- Arena: porcentaje que pasa el tamiz N°10 o 2 mm y es retenido por el tamiz N°200 o 0,075 mm.
- Limo y arcilla: porcentaje que pasa el tamiz N°200.
- Plasticidad: el termino limoso se aplica cuando el porcentaje de finos posee un índice de plasticidad de 10 o menor. Cuando se expresa en termino arcilloso significa que el porcentaje de finos tiene un índice de plasticidad de 11 o más.
- Cuando se encuentra cascajo y canto rodado mayor a 75 mm se excluyen de la población de muestreo del suelo. Sin embargo, si se registra el porcentaje que representa este material.

Tabla II. **Clasificación de materiales de subrasante de carreteras, materiales granulares**

clasificación	Materiales Granulares						
	35 % o menos del total de la muestra pasan el tamiz N°200						
Grupo de clasificación	A-1			A-2			
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis del tamizado (porcentaje que pasa)							
N°10	50 máx.						
	30 máx.	50 máx.					
N°40			51 min.				
N°200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción que pasa el tamiz N°40							
Límite líquido				40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 min.
índice de plasticidad				10 máx.	10 min.	11 min.	11 min.
Tipos usuales de los materiales constituyentes	Fragmento de roca, grava y arena		Arena fina	Grava con limo o arcilla y arena			
Evaluación general de la subrasante	Excelente a bueno						

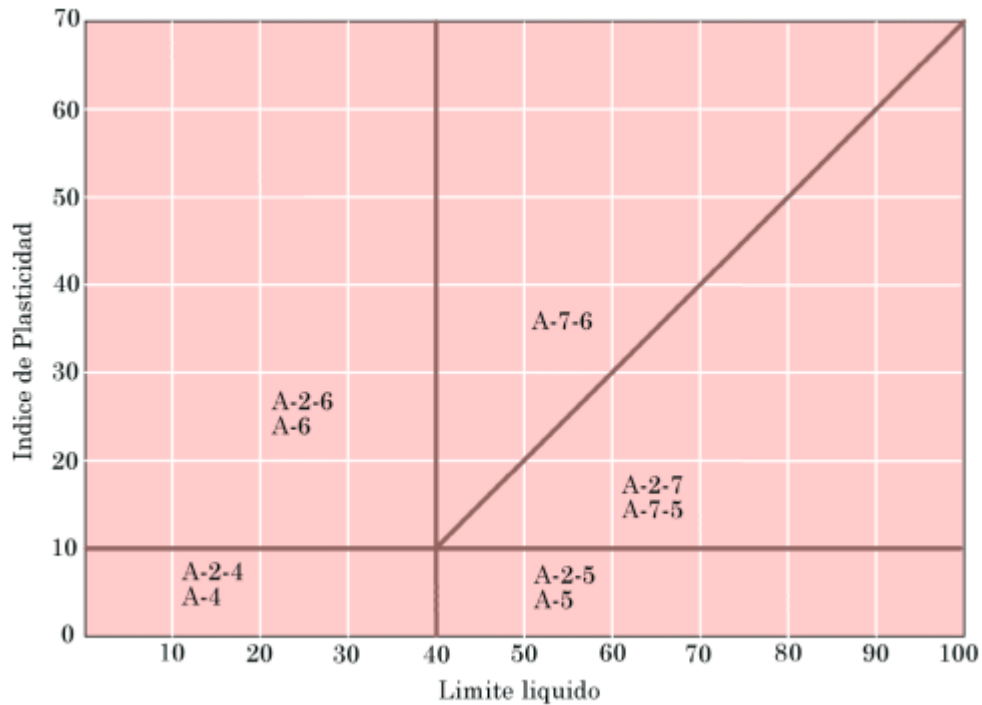
Fuente: Asociación Americana de funcionarios del Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO). *Clasificación de materiales de subrasante de carreteras, materiales granulares.* p.8.

Tabla III. **Clasificación de materiales de subrasante de carreteras, materiales limo-arcilla**

clasificación	Materiales limo-arcilla			
	(35% o menos del total de la muestra pasan el tamiz N°200)			
Grupo de clasificación	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 ^a A-7-6 ^b
Análisis de tamiz (porcentaje que pasa) N°10 N°40 N°200	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
características de la fracción que pasa el tamiz N°200				
Límite líquido	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.
índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.
Tipos usuales de los materiales constituyentes	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
^a Para A-7-5, IP ≤ LL-30				
^b Para A-7-6, IP > LL-30				

Fuente: Asociación Americana de Funcionarios del Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO). *Clasificación de materiales de subrasante de carreteras, materiales granulares*. p.8.

Figura 3. **Rango del límite líquido e índice de plasticidad para suelos de los grupos: A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7**



Fuente: s.f. *Rangos de plasticidad para suelos.*

<https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/31/31448/suelos.pdf>. Consulta: 22 de julio de 2021.

2.3. Pavimento

Se conoce como pavimento a la capa de material que se coloca sobre el suelo que permite la movilización de vehículos o personas de manera más fluida que en el suelo raso. Estos pueden ser: pavimentos flexibles, rígidos y articulados.

2.3.1. Pavimento rígido

Se encuentran formado por una losa de concreto hidráulico apoyada sobre la subrasante o subbase. Debido a su naturaleza, la distribución de esfuerzos se produce en una amplia zona. La capacidad estructural de un pavimento rígido está relacionada estrechamente a la resistencia de las losas, por ello las capas subyacentes poseen poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.

Figura 4. Sección típica transversal de un pavimento rígido



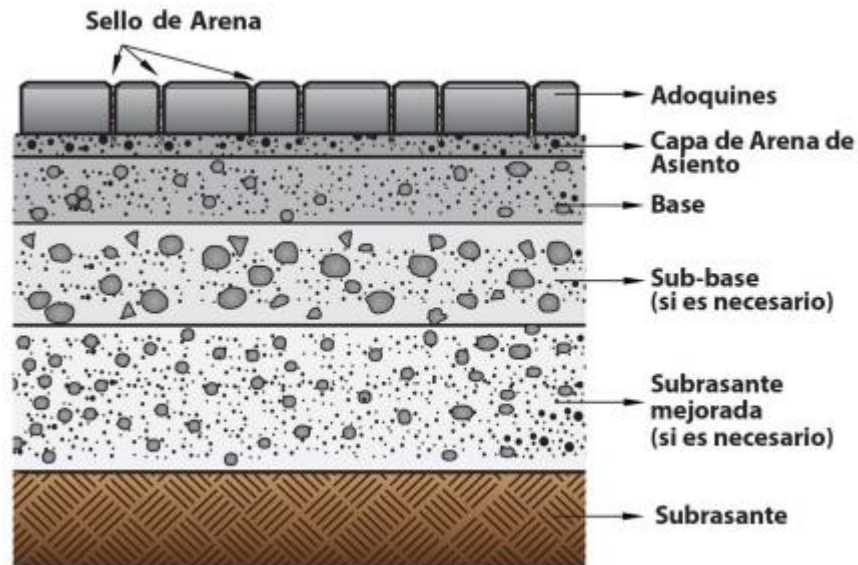
Fuente: Armijos. *Sección típica de pavimento rígido.*

<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5683/Metodologia%20de%20Pavimentos.pdf?sequence=1> Consulta: 22 de julio 2021.

2.3.2. Pavimento articulado

Estos se conforman de una capa de rodadura elaborada con bloques de concreto prefabricado conocidos como adoquines, poseen un espesor uniforme y de igual forma entre sí. Se suelen colocar sobre una fina capa de arena que se apoya sobre la capa de base granular o directamente sobre la subrasante.

Figura 5. **Sección típica de un pavimento articulado**



Fuente: Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala. *Guía de instalación de adoquines de concreto*. <https://www.iccg.org.gt/index.php/component/phocadownload/category/4-documentos-tecnicos?download=56:guia-de-instalacion-de-adoquines-de-concreto> Consulta: 22 de julio 2021.

2.3.3. **Pavimento flexible**

El pavimento flexible emplea una capa de agregado grueso o fino: piedra triturada, grava y arena, mezclado con material bituminoso obtenido de petróleo y de productos de hulla. Este es empleado comúnmente para soportar grandes cargas de tránsito pesado. El pavimento flexible se construye mediante capas; cuando una capa supera su valor soporte traslada el excedente a la capa inferior, dando como resultado un compartimiento de cargas.

Las capas del pavimento flexible se colocan en orden descendente considerando su capacidad de carga. La mayor capacidad de carga se coloca en la parte superior de este, siendo la base la capa más débil. Se considera que el pavimento flexible no debe de poseer una durabilidad menor de 8 años y comúnmente suele tener una vida útil de 20 años.

Las capas del pavimento flexible son: subrasante, subbase, base y carpeta asfáltica.

2.3.3.1. Subrasante

Este es, generalmente el terreno natural en donde se apoya el pavimento y no forma parte de la estructura del pavimento flexible, sin embargo su capacidad soporte es un factor importante que afecta el diseño del pavimento condicionando el espesor de las capas. La función de la subrasante es resistir las cargas transmitidas y distribuir las en el terraplén, evitar que los materiales finos y plásticos de este contaminen el pavimento; y economizar los espesores de capas.

La capa superior de la subrasante es la línea de subrasante del proyecto geométrico. Es importante considerar las especificaciones de pendiente longitudinal y la altura de las obras hidráulicas para que el agua capilar no afecte el pavimento.

2.3.3.2. Subbases

La subbase protege la base aislándola de la terracería, evitando cambios volumétricos debido a la humedad en ella, ya que esta reduce la resistencia de

la base. Otra de las funciones de la subbase es la de transmitir y distribuir las cargas a la terracería.

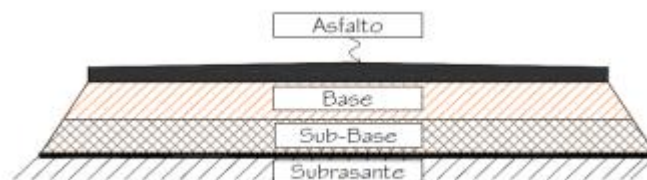
2.3.3.3. Bases

Capa constituida sobre la subbase. Los materiales que se emplean para esta deben de ser de mejor calidad que los de su antecesora, esto debido a que su función principal es la de poseer la resistencia estructural óptima para soportar la carga de la capa de rodadura y transmitirla a su base continua.

2.3.3.4. Capa de rodadura

Para pavimento flexibles esta es constituida por un material de origen pétreo al que se le adhiere un producto asfáltico que brinda la función de aglutinante. Esta capa transmite las fuerzas directas del tránsito hacia la base en la cual se encuentra apoyada. La capa de rodadura debe brindar una superficie adecuada para el rodamiento del tránsito.

Figura 6. **Sección típica de un pavimento flexible**



Fuente: Armijos. *Configuración del pavimento flexible*.

https://biblioteca.uajms.edu.bo/biblioteca/opac_css/doc_num.php?explnum_id=11180. Consulta:

22 de julio 2021.

2.4. División 300 subbase y bases

La división 300 de las Especificaciones Generales contemplan en sus páginas la normativa general para subbases y bases de pavimento.

2.4.1. Reacondicionamiento de subrasante existente

Es la operación que consiste en escarificar, homogeneizar, mezclar, uniformizar, conformar y compactar la subrasante de una carretera previamente construida para adecuar su superficie a la sección típica y elevaciones del proyecto establecidas previamente, con el objeto de regularizar y mejorar mediante estas operaciones las condiciones de la subrasante como cimiento de la estructura del pavimento.

2.4.2. Estabilización de la subrasante

La estabilización de la subrasante consiste en incorporar materiales estabilizadores para mejorar las características mecánicas y la función como cimiento de la estructura del pavimento de la subrasante. Este proceso se puede llevar a cabo mediante la incorporación de cal, granza de cal, cal/ceniza fina, geosintéticos o compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos.

Figura 7. **Proceso de estabilización de subrasante**



Fuente: Cuevadelcivil.com. *Estabilización de subbase*. <https://www.cuevadelcivil.com/2016/01/subbases-estabilizacion.html>. Consulta 22 de julio de 2021.

2.4.2.1. Estabilización de subrasante con cal

Se puede utilizar cal viva que es óxido de calcio; cal hidratada o una lechada de cal. La cal hidratada reacciona con las partículas arcillosas y las transforma permanentemente en un fuerte matriz cementante. La cal que comúnmente se emplea para el tratamiento de suelos está compuesta por altas cantidades de calcio y máximo un 5 % de óxido o hidróxido de magnesio.

La cal brinda a la capa a estabilizar un valor estructural significativo dentro del sistema de pavimento. Los suelos para tratar pueden ser del lugar o de préstamo. Usualmente la estabilización de la subrasante se lleva a cabo en el lugar y requiere la adición de entre el 3 al 6 % de peso del suelo seco.

2.4.2.2. Estabilización de subrasante con geotextiles.

Estos son materiales textiles permeables sintéticos, que poseen resistencia a la tracción, punzonado y grandes propiedades hidráulicas. Su presentación es en rollos y pueden ser de dos tipos: tejidos y no tejidos.

Estos se emplean antes de la instalación de los materiales granulares, directamente sobre la subrasante. La separación que estos son capaces de brindar es su mayor cualidad, impidiendo la mezcla entre materiales de la subrasante y la capa granular. Su permeabilidad no permite que el suelo granular se contamine y perdiendo capacidad estructural de manera prematura.

Los geotextiles presentan reducción en los costos de ejecución, menor impacto ambiental respecto a otros métodos y mayor velocidad de construcción.

Figura 8. **Proceso de colocación de geotextil**



Fuente: Agencias Galia, S.A. *Colocación de geotextiles*. <http://agenciasgalia.com/geotextiles/>.
Consulta 22 de julio de 2021.

2.4.3. Capa de subbase común

Es la capa de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento de tal manera que el suelo de subrasante las pueda soportar.

Los materiales dependiendo del tratamiento que recibieron pueden ser:

- **Materiales naturales:** arenas, gravas, limos y rocas fragmentadas que son sueltas debido al producto de extracción.
- **Materiales cribados:** arenas, gravas, limos y rocas fragmentadas que son sueltas debido al producto de extracción y que requieren un tratamiento

mecánico de cribado mediante el uso del equipo adecuado para poder eliminar partículas mayores que el tamaño máximo.

- Materiales parcialmente triturados: poco o nada cohesivos, como lo son las mezclas de gravas, arenas y limos, requieren un tratamiento mecánico de trituración parcial y cribado mediante el uso de equipo apropiado.
- Materiales mezclados: se obtienen mediante la mezcla de dos o más materiales pudiendo ser: naturales, cribados o parcialmente triturados en las proporciones necesarias.

2.4.4. Capa de subbase y base granular

A continuación, se detallan las especificaciones mínimas para capa de subbase y base granular.

2.4.4.1. Subbase granular

Esta se encuentra formada por la combinación de piedra o grava con arena y suelo pudiendo ser en estado natural, clasificado o parcialmente triturado. La subbase granular soporta, transmite y distribuye uniformemente el efecto de la carga del tránsito.

2.4.4.2. Base granular

Es la capa formada por la combinación de piedra o grava, con arena y suelo en su estado natural, clasificados o con trituración parcial para constituir una base integrante de un pavimento.

2.4.5. Capa de subbase y base de grava o piedra triturada

En esta sección se detallan las definiciones y especificaciones mínimas para la construcción de capas de subbase y base de grava o piedra triturada.

2.4.5.1. Subbase triturada

Esta capa se encuentra formada por la mezcla de piedra o grava trituradas, en conjunto con un material de relleno para integrar una subbase de pavimento; esta se encuentra consignada a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito que soportan las capas superiores.

2.4.5.2. Base triturada

Esta capa está formada por la composición de piedra o grava triturada, combinadas con material de relleno para formar una base de pavimento cuya función es distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito.

2.4.6. Capa de subbase y base de recuperación del pavimento existente

Es la capa de subbase o base que se obtiene directamente de la recuperación de la capa de rodadura y de la base del pavimento existente en conjunto con materiales de aporte. Consiste en la pulverización, homogeneización, humedecimiento conformación y compactación del material en recuperación.

2.4.7. Capa de subbase y base estabilizada

Las especificaciones mínimas para seguir para subbase y base estabilizada se detallan a continuación.

2.4.7.1. Subbase estabilizada.

Esta capa se encuentra formada por materiales de origen pétreos y/o suelos mezclados con distintos materiales o productos para estabilizar. Mediante la aplicación de técnicas para estabilización de suelos para mejorar las condiciones de estabilidad y resistencia requeridas.

2.4.7.2. Base estabilizada

Esta capa se encuentra formada por la combinación de grava o piedra triturada en conjunto con el material de relleno mezclados con materiales o productos estabilizadores; con el propósito de mejorar sus capacidades mecánicas.

Dependiendo el tipo de productos que se le apliquen a las subbase y bases se pueden encontrar:

- Materiales modificados con cal: cuando se requiere modificar la plasticidad o reducir la cantidad de materia orgánica en el suelo se suele incorporar entre 2 al 3 % de masa en cal.
- Materiales modificados con cemento: cuando se requiere incrementar la rigidez, reduciendo el efecto de fatiga sobre la carpeta o aumentar la

resistencia a compresión, es común incorporar entre el 8 a 10 % en masa de cemento Portland.

- Materiales estabilizados con asfalto: es cuando se incorpora emulsión o un asfalto rebajado usualmente el 3 y 4 % en masa de cemento asfáltico.
- Base de concreto hidráulico magro o de baja resistencia: se utiliza para transformar un pavimento flexible en un pavimento rígido cuando se le incorpora cemento Portland necesario para obtener una resistencia a compresión alta.
- Materiales estabilizados con geomallas o polímeros sintéticos: Cuando mediante el uso de geomallas flexibles o rígidas se estabiliza y refuerza la terracería para bases y subbase de pavimentos. (Dirección General de Caminos)

2.4.8. Capa de base de suelo cemento

El suelo cemento es la mezcla de suelo pulverizado con cierto porcentaje de cemento Portland y agua, compactado y curado que da como resultado densidades altas y un endurecimiento efectivo en conjunto con un material termo aislante, estable en el tiempo e impermeable.

Figura 9. **Proceso de colocación de suelo cemento**



Fuente: ARGOS. *Generalidades y características del suelo cemento.*

<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/category/cemento/cemento-para-estabilizacion-de-suelos>. Consulta: 22 de julio de 2021.

2.4.9. Capa de base negra

Esta base se encuentra constituida por materiales pétreos granulares, recubiertos con Cemento Asfáltico. Estos se elaboran en una planta en caliente. Su principal función es la de mejorar las condiciones de resistencia a la humedad y estabilidad, brindando un mejor repartimiento de cargas a las capas inferiores de la estructura del pavimento.

2.4.10. Recuperación y estabilización del pavimento existente

Esta es la capa de subbase, base o capa de rodadura que se obtiene por medio de la recuperación y estabilización de una capa de rodadura y de la base de pavimento ya existente mezclándolo con material de aporte, esto mediante la pulverización, homogeneización, humedecimiento, estabilización, conformación y compactación del material recuperado.

Figura 10. **Recuperación de asfalto existente**



Fuente: VERVITECH. *Recuperación de asfalto* <https://vervitech.com/recuperacion-de-triturados-o-moliendas-de-asfalto/>. Consulta 22 de julio 2021.

2.4.11. Fresado del pavimento

Es la acción de retirar el asfalto que se encuentra en mal estado agrietado o fisurado para mejorar sus características de comodidad. Es importante trabajar a temperatura ambiente y con la maquinaria correcta, fresadora.

Se debe de retirar el pavimento a temperatura ambiente. Es importante que la superficie del pavimento se encuentre limpia, por lo cual es importante el barrido para lograr una superficie sin contaminante

Figura 11. **Proceso de fresado**



Fuente: Grupo Soringué. *Proceso presado*. <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/fresadora/>.
Consulta: 22 de julio de 2021.

2.4.12. Paliativos del polvo

Esto es la aplicación de uno o más riegos de alguna solución en una superficie preparada para la construcción de una carretera para aplacar el polvo. Estos pueden ser: cloruro de calcio emulsión asfáltica, agua, melaza, entre otros.

2.4.13. Apilamiento y almacenamiento de agregados

Consiste en la actividad de guardar los agregados empleados para la construcción de manera correcta, de forma que conserven sus cualidades físicas, químicas y mecánicas intactas para poder crear un proyecto de buena calidad

3. MARCO METODOLÓGICO

El presente trabajo de investigación se realizó bajo el enfoque cualitativo. Estos estudios utilizan técnicas para recolectar datos como la observación no estructurada, entrevistas abiertas, revisión de documentos, discusión en grupo evaluación de experiencias personales, registro de historias de vida, interacción e introspección con grupos o comunidades (Ortega).

El diseño de la investigación es descriptivo con un alcance de carácter no experimental transversal, debido a que este es una comparativa entre componentes; para poder proponer una nueva versión de la división 300 y especialmente no se planteara ninguna hipótesis.

- Para este trabajo de graduación se indago en distinta bibliografía, entre ellas del Instituto del Transporte de México, Normas AASHTO, Especificaciones para la construcción de Carreteras y Puentes Regionales, entre otras fuentes; para realizar una propuesta para cada una de las 13 Secciones de la división 300.
- Semanalmente se sostuvo una reunión con el Instituto del Asfalto de Guatemala, quienes revisaron la viabilidad de dicha propuesta para ser implementada en las condiciones del país.
- Se realizaron visitas técnicas a proyectos en ejecución para poder tener el punto de vista del ejecutor del proyecto que también es una parte importante en el proceso.

- Se presentó el trabajo final a la mesa técnica encargada del proceso de actualización del libro azul.

Figura 12. **Visita técnica, proyecto CA-1**



Fuente: Carretera Centroamericana (CA-1) Occidente.

4. PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN DE LA DIVISIÓN 300 SUBBASES Y BASES

División 300

Subbases y bases

4.1. Sección 301: reacondicionamiento de subrasante existente

En esta sección se regularizan las medidas mínimas a tener en consideración con el reacondicionamiento de la subrasante existente.

4.1.1. Descripción

Este trabajo consiste en la eliminación de toda vegetación, materia orgánica o cualquier otro material existente sobre el área de subrasante a reacondicionar, así como la escarificación, mezcla, homogeneización, humedecimiento conformación y compactación del suelo de la subrasante, efectuando cortes y rellenos en un espesor no mayor de 200 mm.

Incluye la regulación del tránsito y el control de laboratorio para dejar una subrasante de acuerdo con estas Especificaciones Generales y con su superficie de conformidad con los alineamientos horizontal, vertical y a las Secciones típicas de pavimentación que se indiquen en los planos.

4.1.2. Definición

Las definiciones para emplear son:

4.1.2.1. Subrasante

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad.

Por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

4.1.2.2. Sección típica de pavimentación

Es la representación gráfica de un corte transversal que muestra en proyección vertical: pendientes, espesores, dimensiones y composición de las capas de la estructura del pavimento.

4.1.2.3. Reacondicionamiento de subrasantes existentes

Es la operación que consiste en escarificar, homogeneizar, mezclar, uniformizar, conformar y compactar la subrasante de una carretera previamente construida para adecuar su superficie a la sección típica y elevaciones del

proyecto establecidas en los planos u ordenadas por el Delegado Residente, efectuando cortes y rellenos con un espesor no mayor de 200 mm.

Esto con el objeto de regularizar y mejorar, mediante estas operaciones, las condiciones de la subrasante como cimiento de la estructura del pavimento.

4.1.2.4. Materiales inadecuados para subrasante

Se consideran como inadecuados para la construcción de la subrasante los siguientes materiales:

- (a) Los clasificados en el grupo A-8 según AASHTO metros 145, que son suelos altamente orgánicos, constituidos por materias vegetales parcialmente carbonizadas o fangosas. Su clasificación está basada en una inspección visual y no depende del porcentaje que pasa el tamiz 0,075 mm o N° 200, del límite líquido ni del índice de plasticidad.

Están compuestos principalmente de materia orgánica parcialmente podrida y generalmente tienen una textura fibrosa, de color café oscuro o negro y olor a podredumbre. Son altamente compresibles y tienen baja resistencia. Así como basuras o impurezas que puedan ser perjudiciales para la cimentación de la estructura del pavimento.

- (b) Las rocas aisladas, mayores de 100 mm que se encuentran incorporadas en los 300 mm superiores de la capa de suelo de subrasante.

4.1.2.5. Materiales adecuados para subrasante

Son suelos de preferencia granulares con menos de 2 % de hinchamiento, en caso de ser mayor a este porcentaje se deberá de realizar una caracterización mineralógica y química para garantizar el desempeño del tramo considerándose una estabilización del suelo de acuerdo con el ensayo AASHTO T 193 (CBR).

Así mismo que no posean características inferiores a los suelos que se encuentren en el tramo o sección que se esté reacondicionando y que además, no sean inadecuados para subrasante de acuerdo a lo indicado en esta sección.

Requisitos de construcción

4.1.3. Operaciones de construcción

Estos son los pasos para realizar durante el proceso de construcción, consisten en:

4.1.3.1. Limpieza

El Contratista debe limpiar la vegetación pequeña existente en toda la superficie de la subrasante a reacondicionar.

4.1.3.2. Delimitación de tramos a reacondicionar

El Delegado Residente debe delimitar los tramos que el Contratista tiene que reacondicionar, indicando claramente por escrito las estaciones inicial y final de cada tramo.

4.1.3.3. Reemplazo de material inadecuado

Cuando en la subrasante aparezcan áreas con material inadecuado de conformidad con la definición dada en 4.1.1.2, el Delegado Residente debe delimitarlas y notificarlo por escrito al Contratista, quien debe efectuar la remoción del material inadecuado de acuerdo con lo indicado en la sección 203.

Durante estas operaciones el Contratista debe señalar dichas áreas para evitar accidentes. Según lo ordene el Delegado Residente, las excavaciones deben rellenarse:

4.1.3.3.1. Con material de préstamo

Que sea apropiado para subrasante de acuerdo con la definición para material adecuado dada en; efectuando la compactación de acuerdo con 203.10.

4.1.3.3.2. Con material de subbase

En todo caso la excavación del vaciado se debe pagar con cargo a la sección 203 y el relleno de los vaciados. Si es con préstamo con cargo a la sección 203 y si es con subbase con cargo a la sección correspondiente.

4.1.3.4. Requisitos de calidad cuando es necesario sustituir la subrasante

Los materiales que se utilicen para la formación de la capa subrasante, en función de sus características y de la intensidad del tránsito esperada en términos del número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas, acumulados durante la vida útil del pavimento (ΣL); cumplirán con lo que se indica a continuación.

A menos que exista un estudio previamente aprobado por la Secretaría, que justifique el empleo de materiales con características distintas. En ningún caso se utilizarán materiales altamente orgánicos como turba (Pt).

- Cuando la intensidad del tránsito (ΣL) sea igual a 1 millón de ejes equivalentes o menor, el material cumplirá con las características granulométricas y con los requisitos de calidad que se establecen en la Tabla 301-1 de esta Norma y tendrá un espesor mínimo 20 cm.
- Cuando la intensidad del tránsito (ΣL) sea de 1 millón a 10 millones de ejes equivalentes, el material cumplirá con los requisitos de calidad que se establecen en la Tabla 301-1 de esta norma y tendrá un espesor mínimo de treinta 30 cm.
- Cuando la intensidad del tránsito (ΣL) sea mayor de 10 millones de ejes equivalentes, la capa subrasante será motivo de diseño especial.
- Si la capa subrasante se desplanta directamente sobre el terreno de cimentación, según corresponda, cuando el material del terreno de cimentación no cumpla con los requisitos establecidos en la Tabla 301-1, se excavará una caja hasta la profundidad necesaria para completar el espesor mínimo.

Tabla IV. **Tabla 301-1. Requisitos de calidad de materiales para capa subrasante**

Característica	Valor
Tamaño máximo; mm	76
Límite líquido; % máximo	40
Índice plástico; % máximo	12
Valor Soporte de California (CBR) ^[1] ; %, mínimo	20
Expansión máxima; %	2
Grado de compactación ^[2] ; %	100 ± 2

[1] En especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación indicado en esta Tabla, con un contenido de agua igual al del material en el banco a 1,5 metros de profundidad.

[2] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar del material compactado con el contenido de agua óptimo de la prueba, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa.

Fuente: Instituto mexicano del transporte. N.CMT.1-03/02. *Requisitos de calidad de los materiales para capa subrasante*. p. 3.

4.1.4. Transporte y almacenamiento de materiales para subrasante

El transporte y almacenamiento de todos los materiales son responsabilidad exclusiva del Contratista y los realizará de forma tal que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra, tomando en cuenta lo establecido en la Sección 313 de este Normativo.

4.1.4.1. Escarificación, tendido y conformación

En las áreas que necesiten reacondicionamiento el Contratista debe escarificar el suelo de subrasante hasta una profundidad de 200 mm, eliminando las rocas mayores de 100 mm, acondicionándolas fuera del lecho del camino.

Seguidamente se debe ajustar y conformar la superficie efectuando cortes y rellenos en un espesor no mayor de 200 mm.

El suelo de subrasante en toda el área a reacondicionarse debe humedecerse adecuadamente previo a la compactación. El control de humedad puede efectuarse secando el material o por el método con carburo según AASHTO T 217.

4.1.4.2. Cortes mayores de 200 mm

Si con los cortes y rellenos de 200 mm, la superficie reacondicionada no se ajusta a los niveles indicados en los planos, el Delegado Residente podrá ordenar cortes más profundos o completar los rellenos con material de préstamo apropiado que cumpla con los requisitos de material adecuado indicados en 301.01. En ambos casos, los cortes mayores de 200 mm y el préstamo necesario serán pagados con cargo a la sección 203.

4.1.4.3. Compactación

La subrasante reacondicionada debe ser compactada en su totalidad con un contenido de humedad dentro de ± 3 % de la humedad óptima, hasta lograr el 95 % de compactación respecto a la densidad máxima según AASHTO T 180. La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia según AASHTO T 191; con la aprobación escrita del Ingeniero se pueden usar otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

Para el caso de subrasantes arcillosas con un límite líquido superior al 45 % y un índice plástico superior al 15 % se requerirá su compactación a una densidad del 90 % respecto a la densidad máxima según AASHTO T 180 y con

un contenido de humedad mayor por lo menos en un 3 % que su correspondiente humedad óptima, siempre que no exceda en más de un 4 % al valor correspondiente a su límite plástico.

4.1.4.4. Deflexión, viga Benkelman

Se establece una deflexión máxima para la capa de subrasante reacondicionada de 3,0 mm. El Delegado Residente deberá ordenar los vaciados que sean necesarios y su reemplazo con material de préstamo o de subbase y en caso necesario complementar estos trabajos con la construcción de subdrenajes adecuados.

4.1.4.5. Módulo de superficie y deformaciones verticales con deflectómetro de impacto liviano (LWD)

Se establece un módulo de superficie mínimo de 40 MPa y una deformación vertical máxima de 3 mm con una carga de 40 kN. El Delegado Residente deberá ordenar los vaciados que sean necesarios y su reemplazo con material de préstamo o de subbase y en caso necesario complementar estos trabajos con la construcción de subdrenajes adecuados.

Los parámetros del módulo de superficie y de deformación vertical máxima podrán variar si se cuenta con un diseño de la estructura de pavimento y subrasante que lo especifique.

Las deformaciones verticales máximas a 300 y 600 mm de la celda de descarga deberán ser definidas según el modelo estructural propuesto por el diseñado.

4.1.5. Tolerancias y aceptación

La aceptación de los materiales considera lo siguiente:

Para bancos externos el material debe de cumplir con los requisitos de calidad incluidos en esta Norma.

- El encargado de elaborar el estudio geotécnico o del banco es el responsable de determinar, a nivel estudio que el material cumpla con los requisitos de calidad indicados en esta Norma y según el tipo de material establecido en el proyecto.
- En el caso que el Contratista seleccione el material o el banco él será el responsable de asegurar que el material cumpla con los requisitos de calidad indicados en esta Norma, considerando lo indicado en la fracción anterior. El Contratista entregará a la supervisión un certificado de calidad que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en esta Normativa, expedido por su propio laboratorio o por un laboratorio externo que sea avalado por la supervisión.
- Durante el proceso de producción, con objeto de controlar la calidad del material en la ejecución de la obra, el Contratista, por cada 200 m³ o fracción del material de un mismo tipo extraído de un corte o un banco, realizará las pruebas necesarias para que aseguren que cumple con el límite líquido y el índice plástico señalados en esta Norma. Entregando a la Supervisión los resultados de dichas pruebas.

Será motivo de rechazo por parte de la Supervisión, el incumplimiento de cualquiera de los requisitos mencionados en esta fracción.

4.1.5.1. Tolerancias en compactación

Se establece una tolerancia en menos del 2 % respecto al porcentaje de compactación especificado en 4.1.3.3 para la subrasante reacondicionada. Se deben efectuar ensayos representativos por cada 400 m² o fracción de subrasante reacondicionada.

De lo contrario se podrán aplicar mediciones del módulo de superficie con un difractómetro de impacto liviano cada 100 m² de forma alterna para determinar los puntos de revisión de porcentajes de compactación en campo.

4.1.5.2. Tolerancia de superficie

Se establece una tolerancia de ± 20 mm, para los trabajos efectuados por el equipo de construcción, respecto al nivel de conformación de superficie definido en la obra mediante marcas topográficas colocadas de conformidad con las elevaciones indicadas en los planos u ordenadas por el Delegado Residente.

4.1.5.3. Aceptación

La subrasante reacondicionada se debe aceptar para efectos de pago hasta que se encuentre debidamente cubierta con material de subbase o de base, en el ancho total de subrasante indicado en las Secciones típicas de pavimentación. No se permite que la subrasante ya reacondicionada, quede sin recubrir con base o subbase, en una distancia mayor de 1 km; debiendo proporcionar el mantenimiento adecuado de los tramos pendientes de recubrir.

En cualquier momento la Supervisión puede verificar que el material suministrado cumpla con cualquiera de los requisitos de calidad establecidos en esta Norma, siendo motivo de rechazo el incumplimiento de cualquiera de ellos.

4.1.6. Medida

La medida se debe hacer de acuerdo con el número de m², con aproximación de dos decimales, de subrasante reacondicionada, debidamente construida y aceptada de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y los planos correspondientes.

4.1.7. Pago

El pago se debe hacer por el número de m² medidos como se indica en 4.1.5, construidos y aceptados conforme a los planos, estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales; al precio unitario de contrato correspondiente a Reacondicionamiento de Subrasante. Este precio incluye el trabajo estipulado en esta sección de conformidad con lo indicado en 4.10.2.

- No se reconocerá ningún pago adicional por el suministro del agua ni por las operaciones necesarias para su obtención. Tampoco se reconocerá pago por el acarreo necesario para acondicionar el material inadecuado en los lugares designados para el efecto; ni por la remoción de raíces y otras materias orgánicas y piedras del área a reacondicionar.

Todos estos gastos y los demás inherentes a la ejecución del trabajo deben estar incluidos en el precio unitario de contrato correspondiente a esta sección

4.2. Sección 302: estabilización de la subrasante

A continuación, se detallan las especificaciones mínimas a tomar en consideración cuando es requerido estabilizar la capa de subrasante.

4.2.1. Descripción

Este trabajo consiste en procesar e incorporar a la subrasante cal, granza de cal, cal/ceniza fina o compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos de eficacia y durabilidad comprobada, que cumplan con las características indicadas en las Disposiciones Especiales con la finalidad de mejorar las condiciones mecánicas de esta capa.

Así como en el tratamiento de la subrasante conforme lo indicado en la sección 203 o 301, según corresponda, con la adición que durante este proceso se deben agregar los materiales estabilizadores del tipo y con la dosificación especificada para el proyecto o autorizada por el Delegado Residente.

4.2.2. Definición

Es la operación de escarificar o pulverizar, incorporar materiales estabilizadores, homogeneizar, mezclar, uniformizar, conformar y compactar la mezcla de la subrasante con materiales estabilizadores para mejorar sus características mecánicas y su función como cimiento de la estructura del pavimento.

Esto para adecuar su superficie a la sección típica y elevaciones de subrasante establecidas en los planos u ordenadas por el Delegado Residente, efectuando cortes y rellenos con un espesor no mayor de 200 mm.

Materiales

4.2.3. Requisitos de los materiales a estabilizar

- Los materiales para estabilizar deben ser los existentes en la subrasante.
- No deben contener partículas mayores de 70 mm, materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas en la subrasante estabilizada puedan tener efectos nocivos o afectar su durabilidad.
- No deben utilizarse para la subrasante estabilizada los materiales que están comprendidos dentro de los materiales inapropiados para subrasante, definidos en 203.01.

Tabla V. **Tabla 302-1. Requisitos de calidad de materiales para capa subrasante**

Característica	Valor
Tamaño máximo; mm	76
Límite líquido; % máximo	40
Índice plástico; % máximo	12
Valor Soporte de California (CBR) ^[1] ; % mínimo	20
Expansión máxima; %	20
Grado de compactación ^[2] ; %	100 ± 2

[1] En especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación indicado en esta Tabla, con un contenido de agua igual al del material en el banco a 1,5 metros de profundidad.

[2] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar del material compactado con el contenido de agua óptimo de la prueba, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa

Fuente: Instituto mexicano del transporte. *N·CMT·1·03/02*. p. 3.

Cuando sea necesario mezclar dos o más materiales pétreos de distintas procedencias, se mezclarán con las proporciones necesarias y el procedimiento adecuado para obtener un material por estabilizar, uniforme y con las características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Supervisión.

4.2.4. Equipo

El equipo que se utilice para la construcción de capas estabilizadas será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo la selección responsabilidad del Contratista.

Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Supervisión, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el Contratista corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador.

Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista.

4.2.4.1. Planta de mezclado

La planta de mezclado será del tipo amasado o pugmill, de tambor rotatorio o bien de mezclado continuo capaz de producir una mezcla homogénea. Estará equipada con tolvas para almacenar el material por estabilizar; silos o tanques

que permitan almacenar el producto estabilizador y el agua cuando se requiera, protegidos de la lluvia y del polvo.

Así mismo deberá tener dispositivos para dosificar, por masa o por volumen, los materiales, el producto estabilizador y el agua, con aditamentos que permitan un fácil ajuste de la dosificación de la mezcla en cualquier momento; cámara de mezclado provista de rotor con aspas y con espreas para añadir el agua o el producto estabilizador cuando éste sea líquido con compuerta de descarga al equipo de transporte.

4.2.4.2. Estabilizadoras

Las estabilizadoras serán autopropulsadas, capaces de mezclar uniformemente los materiales con el producto estabilizador y el agua que en su caso se requiera. Tendrán una cámara o tolva de mezclado provista de tornillo sinfín o de rotor con aspas y espreas para añadir el agua necesaria y el producto estabilizador cuando éste sea líquido. Contarán con dispositivos de ajuste para controlar el espesor y el ancho de la capa.

4.2.4.3. Motoconformadoras

Las motoconformadoras solo se utilizarán en casos especiales en los que no sea posible emplear otro equipo para el mezclado. Cuando se utilicen motoconformadoras, éstas serán autopropulsadas, con cuchillas cuya longitud sea mayor de 3,65 metros y con una distancia entre ejes mayor de 5,18 metros.

4.2.4.4. Extendedoras

Las extendedoras serán autopropulsadas, capaces de esparcir y precompactar la capa que se tienda con el ancho, sección y espesor establecidos en el proyecto incluyendo los acotamientos y zonas similares. Estarán equipadas con los dispositivos necesarios para un adecuado tendido de la capa, como son:

Un enrasador o aditamento similar, que pueda ajustarse automáticamente en el sentido transversal y proporcionar una textura lisa y uniforme, sin protuberancias o canalizaciones; una tolva receptora del material con capacidad para asegurar un tendido homogéneo equipada con un sistema de distribución mediante el cual se reparta el material uniformemente frente al enrasador; y sensores de control automático de niveles.

4.2.4.5. Compactadores

Los compactadores serán autopropulsados, reversibles y provistos de petos limpiadores para evitar que el material se adhiera a los rodillos. Pueden ser de 3 rodillos metálicos en 2 ejes o de dos 2 hasta 3 ejes con rodillos en tándem, con diámetro mínimo de 1 metro o 40 plg en todos los casos.

4.2.5. Mezclado del material

El material por estabilizar, el producto estabilizador y en su caso el agua, se mezclarán con la proporción indicada en el proyecto u ordenados por la Secretaría, para producir un material homogéneo mediante uno de los siguientes procedimientos:

4.2.5.1. Mezclado en planta

- En plantas del tipo pugmill o de tambor rotatorio la dosificación de los materiales se hace por masa.
- En mezcladoras de tipo continuo la dosificación de los materiales puede hacerse por masa o por volumen
- Una vez que se le hayan incorporado todos los componentes, la mezcla se transportará al sitio de colocación, de forma que no se altere, para que pueda ser extendida y compactada.

4.2.5.2. Mezclado en el lugar

- El material por estabilizar se tenderá en el lugar de la obra. En el caso de mezclas de dos o más materiales pétreos, se tenderán una vez mezclados y homogeneizados, con las proporciones necesarias para obtener un material por estabilizar con las características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Supervisión.
- Se mezclará el material tendido con la estabilizadora, incorporando y distribuyendo el producto estabilizador hasta obtener una mezcla uniforme.
- La estabilizadora será capaz de tratar todo el material tendido. En caso necesario el material, el producto estabilizador y en su caso el agua se mezclará y extenderán en capas sucesivas, con un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de mezclar y compactar al grado indicado en el proyecto o que apruebe la Supervisión.

4.2.5.3. Mezclado con motoconformadora

Salvo que el proyecto indique otra cosa o lo apruebe la Supervisión, no se permitirá el uso de motoconformadora para el mezclado del material con el producto estabilizador y con el agua.

4.2.6. Requisitos de los materiales estabilizadores

De acuerdo con lo estipulado en los planos o Disposiciones Especiales, los materiales estabilizadores pueden ser: cal, granza de cal, cal/ceniza fina o compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos que llenen los requisitos siguientes:

4.2.6.1. Cal hidratada

Debe cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO metros 216, ASTM C 977, NGO 41018, ASTM C 206 y ASTM C 207.

4.2.6.2. Cal viva

Debe cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO metros 216, ASTM C 977 y NGO 41018. La cal viva preferiblemente debe suministrarse en forma granular con partículas no mayores de 9.5 mm o $\frac{3}{8}$ plg.

4.2.6.3. Granza de cal

En casos específicos, donde haya disponibilidad de la misma, el Delegado Residente puede autorizar el uso de granza de cal que llene un requisito de CaO disponible (ASTM C 110) de 50 % mínimo y un tamaño máximo de 19 mm. La

granza debe estar libre de impurezas como fragmentos de madera, hojas, raíces, grumos de arcilla y otros materiales extraños que afecten su comportamiento.

4.2.6.4. Lechada de cal

Puede hacerse con cal hidratada o cal viva pulverizada y debe llenar los requisitos siguientes:

4.2.6.4.1. Composición Química

El contenido de sólidos debe consistir de un mínimo de 87 % en masa, de óxidos de calcio y magnesio.

4.2.6.4.2. Residuo

El porcentaje por masa del residuo retenido en los tamices indicados, para el contenido de sólidos de la lechada, no debe ser mayor de los límites mostrados en la tabla 302-1.

Tabla VI. **Tabla 302-1 Requisitos de Graduación para el residuo**

Tamaño del tamiz	Porcentaje retenido en masa
3,350 mm o N°6	0,2
0,600 mm o N°30	4,0

Fuente: Dirección General de Caminos. *Tabla 302-1 requisitos*. p. 307-4.

4.2.6.4.3. Grado de la Lechada

Debe corresponder a uno de los grados siguientes:

- Grado 1. El contenido de sólidos no debe ser mayor de 31 % de la masa total de la lechada.
- Grado 2. El contenido de sólidos no debe ser mayor de 35 % de la masa total de la lechada. Con contenidos mayores de sólidos, la lechada no puede ser bombeada ni rociada.

4.2.6.5. Puzolanas naturales o artificiales y cenizas volantes de carbón

Según ASTM C 618 y lo descrito en 551.05 (g) de estas Especificaciones Generales. Queda terminantemente prohibido el empleo de cenizas volantes producidas por plantas que utilicen compuestos de sodio amoníaco o azufre para controlar las emisiones de combustión.

4.2.6.6. Escoria granulada de alto horno

Según ASTM C 989 y 551.05 (h).

4.2.6.7. Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos

Podrán usarse estabilizadores químicos u otros basados en resinas sintéticas como se indique en las Disposiciones Especiales o en los planos. El

Delegado Residente debe requerir el certificado de calidad extendido por el fabricante o distribuidor.

4.2.7. Requisitos para el agua

El agua para usar en las operaciones de estabilización debe de ser clara, libre de aceites, sales, ácidos, álcalis, azúcar, materia vegetal y demás sustancias que puedan ser perjudiciales para la efectividad de la estabilización; según el tipo de producto estabilizador utilizado.

El agua debe llenar los requisitos de la norma AASHTO T 26, si la fuente es de un sistema de abastecimiento de agua potable, puede ser utilizada sin necesidad de ensayo previo.

Requisitos de construcción

4.2.8. Condiciones climáticas

No se construirán capas estabilizadas cuando exista amenaza de lluvia, esté lloviendo o cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5 °C tomada a la sombra lejos de cualquier fuente de calor artificial. Los trabajos se suspenderán en el momento en que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras éstas no sean las adecuadas. Se tomarán en cuenta las recomendaciones que proporcione el fabricante del producto estabilizador.

4.2.9. Dosificación

El Contratista debe presentar la dosificación propuesta para la estabilización de la subrasante, 30 días antes de iniciar la producción. Esta

proporción deberá ajustarse dependiendo de las variaciones de las características de los materiales de subrasante encontrados, conforme se indique en las Disposiciones Especiales.

El material de subrasante ya estabilizado debe poseer un hinchamiento máximo de 1 %. El material de subrasante ya estabilizado debe coincidir con las curvas de maduración en función del módulo de superficie definidas por el diseñador, como mínimo en un tiempo de 7 días.

El diseñador deberá establecer el módulo de resiliencia de subrasante de diseño, tomando en cuenta la estabilización, el cual podrá correlacionarse con un valor soporte CBR, valor soporte LBR o resistencia a la compresión no confinada dependiendo de cuál sea el estabilizador, la correlación a utilizar deberá ser aprobada por alguna normativa reconocida americana o europea.

El material de subrasante ya estabilizado debe poseer un hinchamiento máximo de 1 % y coincidir con las curvas de maduración en función del módulo de superficie definidas por el diseñador, como mínimo en un tiempo de 7 días.

El Contratista en la dosificación propuesta, debe presentar lo siguiente:

- Muestras representativas del suelo de la subrasante.
- Una muestra representativa de los productos estabilizadores para la ejecución de los ensayos de resistencia.
- Resultados de los ensayos de CBR, módulo de resiliencia de laboratorio, triaxial cíclico y módulo de superficie en campo LWD.

La producción debe iniciar únicamente cuando se haya aprobado la dosificación de la mezcla.

4.2.10. Escarificación del material de subrasante

La subrasante debe ser preparada de acuerdo con lo indicado en la Sección 203. Se tiene que escarificar y pulverizar la subrasante en una profundidad de 200 mm. El material escarificado se conforma para formar camellones o colchones adecuados para efectuar la mezcla. El contenido máximo de humedad y la densidad seca máxima deben ser determinados de acuerdo con el método AASHTO T 180.

4.2.11. Aplicación de los estabilizadores

Inmediatamente antes de iniciar la construcción de una capa estabilizada, la superficie sobre la que se colocará quedará debidamente terminada dentro de líneas y niveles, sin irregularidades y reparados satisfactoriamente los baches existentes. No se permitirá la construcción sobre superficies que no hayan sido previamente aceptadas por la Supervisión.

Los acarreo de los materiales hasta el sitio de su uso se harán de tal forma que el tránsito sobre la superficie donde se construirá la capa estabilizada, se distribuya sobre todo el ancho de la misma, evitando la concentración en ciertas áreas y por consecuencia, su deterioro.

Los estabilizadores deben ser agregados cuando el material escarificado esté a un contenido de humedad por lo menos 3 % abajo del óptimo y a por lo menos 4 °C. No se debe aplicar cuando el exceso de estabilizador se pierde con

el lavado, soplado o cuando se estime que la temperatura ambiente descenderá debajo de los 4 °C dentro de las próximas 48 horas.

Los estabilizadores deben ser aplicados en las cantidades requeridas utilizando uno de los siguientes métodos:

4.2.11.1. Método en seco

Los estabilizadores deben ser aplicados uniformemente por medio de una esparcidora aprobada por el Delegado Residente que asegure la dosificación mínima del estabilizador y la homogeneidad de la mezcla. El agua debe ser aplicada utilizando métodos aprobados para obtener el contenido de humedad apropiado para la mezcla y la compactación.

4.2.12. Como lechada

Los estabilizadores deben ser mezclados con agua y aplicados como una suspensión o como lechada utilizando camiones con distribuidores aprobados o mezcladoras rotativas. El tanque del camión distribuidor o de la mezcladora rotativa debe estar equipado con un agitador para mantener el estabilizador en suspensión en el agua.

Se deben dar varias pasadas sobre el material para obtener el contenido de humedad y de estabilizador adecuado para el mezclado y la compactación.

4.2.13. Mezcla

El material debe ser mezclado hasta obtener una mezcla homogénea y desmenuzable

4.2.13.1. Mezclas de cal y ceniza fina

Se debe agregar agua y mezclar completamente para ajustar el contenido de humedad de la mezcla al contenido de humedad óptimo más la humedad necesaria para la hidratación.

La humedad de hidratación es de 1,5 % por cada porcentaje de estabilizador en la mezcla. El mezclado se debe completar dentro de las 6 horas posteriores a la aplicación de este.

El procedimiento de mezcla debe ser el mismo para la cal en seco o en forma de lechada, comprendiendo una mezcla inicial y otra final, en la forma siguiente:

4.2.13.1.1. Mezcla y curado iniciales

El espesor completo de la capa tendida de suelo y cal, debe mezclarse con máquina mezcladora previamente aprobada por el Delegado Residente. La cal no puede dejarse expuesta sin mezclar por un período mayor a 6 horas, debiéndose agregar la cantidad de agua adecuada para efectuar la mezcla y asegurar la acción química de la cal. Después de la mezcla inicial debe compactarse ligeramente con compactadora de neumáticos.

Para sellar la superficie y prevenir la evaporación del agua durante un período de curado mínimo de 48 horas o hasta que el material estabilizado se empiece a desmenuzarse o fragmentar, efectuando durante este tiempo riegos ligeros de agua sobre la superficie.

4.2.13.1.2. Mezcla final

Transcurrido el tiempo de curado debe mezclarse nuevamente el material tratado por medio de recicladora, mezcladora rotativa, motoniveladora, solas o combinadas u otro equipo previamente aprobado por el Delegado Residente hasta desmenuzar todos los grumos, debiendo llenar el material los requisitos de graduación indicados en la Tabla 302-2, excluyendo las partículas de grava o piedra, retenidas en el Tamiz N°4 o 4,75 mm.

Tabla VII. **Tabla 302-2 requisitos de graduación de la mezcla final**

Tamaño del Tamiz	Porcentaje mínimo en masa de grumos que pasa un tamiz de abertura cuadrada
38,1 mm o 1½ plg	100 %
4,75 mm o N° 4	50 %

Fuente: Dirección General de Caminos. p 302-7.

4.2.13.2. Mezclas con productos químicos

Se debe agregar agua y mezclar completamente para ajustar el contenido de humedad de la mezcla a 2 % arriba del contenido óptimo de humedad. El mezclado debe completarse dentro de las 2 horas de haber aplicado el producto estabilizador.

El contenido de humedad de la mezcla debe ser ajustado para que esté dentro del 2 % del contenido óptimo de humedad.

4.2.14. Compactación y acabado

Inmediatamente después de ser mezclada, se debe de esparcir y compactar a por lo menos 95 % de la densidad máxima. La densidad y el contenido de humedad de campo deben ser determinados de acuerdo con AASHTO T 191 o por medio de otros procedimientos de ensayo aprobados por el Delegado Residente.

La compactación se hará longitudinalmente, de las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada.

A menos que se apruebe lo contrario y salvo que la estabilización se realice con un material asfáltico, la capa ya compactada se escarificará superficialmente y se le agregará agua antes de tender la siguiente capa, con el propósito de ligarlas.

4.2.15. Curado

Se prohíbe el paso de tráfico sobre el material estabilizado. Este se tiene que mantener continuamente húmedo hasta la colocación de la siguiente capa. Se debe aplicar agua bajo presión por medio de una barra rociadora equipada con boquillas para producir un rociado fino y uniforme. La siguiente capa debe ser colocada dentro de los 7 días posteriores a la compactación y acabado del material estabilizado.

Si el material trabajado pierde estabilidad, densidad o su acabado antes de la colocación de la siguiente capa, se debe reprocesar, recompactar y agregar los estabilizadores necesarios para restaurar la resistencia del material dañado.

4.2.16. Control de calidad, tolerancias y aceptación

El control de calidad de los materiales y el proceso de construcción debe llenar los requisitos estipulados en la sección 106.

4.2.16.1. Control de calidad en características de los materiales

El control de calidad en las características de los materiales es de vital importancia, por ello se proponen los siguientes parámetros mínimos a seguir.

4.2.16.1.1. Valor soporte

Se debe efectuar un ensayo por cada 500 m³ estabilizados hasta llegar a 3 000 m³ y seguidamente un ensayo por cada 3 000 m³ procesados. De lo contrario se podrán aplicar mediciones del módulo de superficie con un deflectómetro de impacto liviano LWD cada 100 m² de forma alterna para determinar los puntos de ensayo para el valor soporte CBR.

La cantidad de ensayos de CBR se podrá determinar según los sectores homogéneos definidos en el análisis de módulos de superficie.

4.2.16.1.2. Piedras grandes

Las piedras mayores de 70 mm deben ser eliminadas antes de colocar el material estabilizador.

4.2.16.1.3. Cal hidratada, puzolanas, escorias de alto horno y otros estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos.

El Contratista debe presentar certificado de calidad y resultado de ensayos de laboratorio de los productos que utiliza por cada 750 000 kg.

4.2.16.1.4. Agua

Se debe tomar una muestra para ensayo cada vez que se cambie de fuente de aprovisionamiento.

4.2.16.1.5. Contenido de material estabilizador

Se debe mantener un control constante durante el proceso de estabilización, que las cantidades de material estabilizador correspondan con la dosificación aprobada por el Delegado Residente conforme se establece en 302,06 y se deberán efectuar comprobaciones diarias o por tramo trabajado que la cantidad total de material estabilizador corresponda con el volumen total realizado.

4.2.16.2. Tolerancias en las características de los materiales

Si los ensayos efectuados a los materiales que se utilizan en todo el proceso de construcción de la estabilización de la subrasante no llenan los valores especificados para cada una de las características indicadas después de efectuar

las verificaciones necesarias; si esta condición persiste en más del 25 % de los ensayos realizados, el Contratista debe hacer las correcciones necesarias a su costa o el material será rechazado.

4.2.16.3. Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción

Estos requisitos se especifican de acuerdo con la necesidad de aplicación de normas básicas para el control de calidad y tolerancias en la construcción.

4.2.16.3.1. Tolerancias en compactación

El Contratista debe de controlar por medio de ensayos de laboratorio y de campo la compactación que debe dar al material según el equipo de que dispone para lograr la densidad especificada.

Se establece una tolerancia en menos del 2 % respecto al porcentaje de compactación estipulado para cada tipo de estabilizador de que se trate para la aceptación de la capa estabilizada de subrasante.

Se deben efectuar ensayos representativos por cada 400 m² cada capa que se compacte.

Las densidades de campo no deben ser efectuadas a una distancia menor de 20 metros en sentido longitudinal, sobre la superficie compactada que se está controlando a menos que se trate de áreas delimitadas para correcciones.

De preferencia el control de compactación se debe hacer entre las orillas interiores de la capa estabilizada de subrasante a una distancia no menor de

1 metro del borde y siguiendo un orden alternado de derecha, centro e izquierda del eje. De lo contrario se podrán aplicar mediciones del módulo de superficie con un deflectómetro de impacto liviano LWD cada 100 m² de forma alterna para determinar los puntos de revisión de porcentajes de compactación en campo.

4.2.16.3.2. Tolerancias de superficie

- No se aceptan irregularidades mayores de 15 mm en exceso de la cota de superficie ordenada para la estabilización de la subrasante.
- No se aceptan tolerancias en defecto a menos que el Contratista las llene a su costa con el material de la capa inmediata superior.

4.2.16.3.3. Tolerancias en la deflexión

El Contratista debe controlar por medio de la Viga Benkelman de conformidad con AASHTO T 256 o por la aplicación de otro método técnico reconocido y aceptado profesionalmente y establecido en las Disposiciones Especiales, si la deflexión de la estabilización de la subrasante, conformada y compactada, no sobrepasa el valor de deflexión máxima aceptable para dicha capa.

El Contratista debe efectuar un ensayo de deflexión por cada 400 m² en la superficie de la estabilización de la subrasante previo a su aceptación. La deflexión máxima no debe ser mayor de 2,5 mm respecto a un punto dado a una distancia no mayor de 3,68 metros en cualquier dirección, a menos que se establezca de otra manera en las Disposiciones Especiales.

De preferencia el ensayo de deflexión se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de derecha e izquierda del eje.

El Contratista debe contar con la maquinaria y equipo necesarios para efectuar este control con el método anteriormente indicado o el que corresponda según las Disposiciones Especiales.

4.2.16.3.4. Módulo de superficie y deformaciones verticales con deflectómetro de impacto liviano (lwd)

Se establece un módulo de superficie mínimo de 50 MPa y una deformación vertical máxima de 2,5 mm. con una carga normalizada de 40 kN. Los parámetros de módulo de superficie y de deformación vertical máxima podrán variar si se cuenta con un diseño de la estructura de pavimento y subrasante que lo especifique.

Las deformaciones verticales máximas a 300 y 600 mm de la celda de carga deberán ser definidas según el modelo estructural propuesto por el diseñador.

Las mediciones con deflectómetro de impacto se deberán de realizar con una frecuencia de ensayo de 25 m de forma alterna en ambos carriles cubriendo dos perfiles longitudinales por carril.

4.2.16.3.5. Tolerancias en la aplicación del material estabilizador

Para efectos de pago solo se aceptan variaciones no mayores del 5,0 % de la cantidad ordenada para las estabilizaciones aprobadas por el Delegado Residente, según lo establecido en 4.3.2.6.

4.2.16.4. Aceptación

La aceptación de estabilización de la subrasante se debe efectuar hasta que ésta se encuentre en el ancho total indicado en las Secciones típicas de pavimentación, debidamente cubierta con la capa inmediata superior de la estructura del pavimento.

No se permite que la estabilización de la subrasante quede sin cubrir en una longitud mayor de 2 km.

En caso de optar por la estabilización con geosintéticos es importante definir una deflexión máxima objetivo previo a la colocación del material. Los geosintéticos al trabajar a tensión deberán evaluarse por medio de transferencia de carga entre sensores del deflectómetro de impacto liviano (LWD), no por medio de una deflexión máxima.

La transferencia de carga entre geófonos deberá incrementar con respecto a la capa sin geosintéticos. El diseñador deberá definir el incremento que provocará este material en el módulo de resiliencia de subrasante.

4.2.17. Medida

La medida se debe hacer del número de metros cuadrados con un espesor de 200 mm con aproximación de dos decimales de estabilización de la Subrasante, satisfactoriamente contruidos de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales. El área se debe determinar por procedimientos analíticos. Para este efecto la longitud se debe medir sobre la línea central de la carretera y el ancho debe ser el delimitado y dimensionado en las Secciones típicas de pavimentación.

La determinación de estas dimensiones debe ajustarse a lo estipulado en 4.10.1. En las Disposiciones Especiales se podrá considerar la medida por separado del área de subrasante estabilizada y la cantidad de producto estabilizador efectivamente incorporado a la obra de acuerdo con la dosificación aprobada.

4.2.18. Pago

- El pago se debe hacer por el número de metros cuadrados de material estabilizado y cantidad de material estabilizador medidos como se indica en 4.2.9, satisfactoriamente contruidos de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales al precio unitario de contrato correspondiente a estabilización de la Subrasante y al precio unitario del material estabilizador si su pago fue especificado como renglón aparte.

Estos precios incluyen todo el trabajo estipulado en esta sección de conformidad con lo indicado en 4.10.2.

- No se reconoce ningún pago adicional por el suministro y acarreo de todos los materiales incluyendo el agua y los estabilizadores.
- No reconoce pago adicional por la maquinaria, equipo y personal necesarios para efectuar el control de laboratorio y de las deflexiones, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista. Todos estos gastos y los demás implícitos para efectuar el trabajo deben estar incluidos en los precios unitarios de contrato correspondientes a esta sección.

4.3. Sección 303 capa de subbase común

En esta sección se detallan las especificaciones mínimas a tomar en cuenta al momento de la construcción de la capa de subbase.

4.3.1. Descripción

Este trabajo consiste en la obtención, explotación, acarreo, tendido, humedecimiento, mezcla, conformación y compactación del material de subbase común; el control de laboratorio y operaciones necesarias para construir en una o varias capas una subbase del espesor compactado requerido sobre la subrasante previamente aceptada de acuerdo con estas Especificaciones.

Todo de acuerdo con lo indicado en los planos u ordenado por el Delegado Residente ajustándose a los alineamientos horizontal, vertical y Secciones típicas de pavimentación, dentro de las tolerancias estipuladas de conformidad con estas Especificaciones Generales.

4.3.2. Definición

Se toman en consideración las siguientes definiciones:

4.3.2.1. Subbase común

Es la capa de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento de tal manera que el suelo de subrasante las pueda soportar.

Estos materiales según el tratamiento que recibieron pueden ser:

4.3.2.2. Materiales naturales

Son las arenas, gravas y limos, así como rocas muy alteradas y fragmentadas que al extraerlos quedan sueltos o pueden disgregarse mediante el uso de maquinaria y que, por cumplir con los requisitos de calidad establecidos en esta Norma, no requieren de tratamiento mecánico alguno para ser utilizados.

4.3.2.3. Materiales cribados

Son las arenas, gravas y limos, así como las rocas alteradas y fragmentadas que al extraerlos quedan sueltos o pueden disgregarse mediante el uso de maquinaria y que para hacerlos utilizables requieren de un tratamiento mecánico de cribado con el equipo adecuado para eliminar las partículas mayores que el tamaño máximo establecido en esta Norma y satisfacer la composición granulométrica.

4.3.2.4. Materiales parcialmente triturados

Son los poco o nada cohesivos como mezclas de gravas, arenas y limos que al extraerlos quedan sueltos o pueden ser disgregados y que para ser

utilizables requieren un tratamiento mecánico de trituración parcial y cribado con el equipo adecuado, para aprovechar las partículas de mayor tamaño al máximo establecidos en esta norma.

4.3.2.5. Materiales mezclados

Son los que se obtienen mediante la mezcla de dos o más de los materiales referidos a los numerales (a) a (c) en las proporciones necesarias para satisfacer los requisitos de calidad establecidos en esta Norma.

En cada caso la elección del tratamiento más conveniente corresponderá al Contratista que se debe de asegurar que se cumplan los requisitos de calidad de esta Norma.

4.3.3. Espesor de la subbase

La subbase puede tener un espesor compactado variable por tramos según lo indicado en los planos, lo establecido en las Disposiciones Especiales o lo ordenado por el Delegado Residente con autorización previa del Ingeniero de acuerdo con las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante, en ningún caso dicho espesor debe ser menor de 100 mm ni mayor de 700 mm.

Materiales

4.3.4. Almacenamiento y transporte

El transporte y almacenamiento de todos los materiales son responsabilidad exclusiva del Contratista y los realizará de forma tal que no sufran alteraciones

que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra, tomando en cuenta lo establecido en la Sección 313 de este Normativo.

4.3.5. Requisitos para el material de subbase común

La capa de subbase común debe estar constituida por materiales de tipo granular en su estado natural o mezclados, que formen y produzcan un material que llene los siguientes requisitos:

4.3.5.1. Valor soporte

El material debe tener un CBR en conformidad con AASHTO T 193 mínimo de 50, efectuado sobre muestra saturada a 95 % de compactación según AASHTO T 180.

4.3.5.2. Desempeño

El material colocado en campo deberá cumplir con el módulo de superficie mínimo de 50 MPa y la deflexión máxima será de 2,5 mm.

4.3.5.3. Piedras grandes y exceso de finos

El tamaño máximo de las piedras que contenga el material de subbase no debe exceder de 70 mm, ni de $\frac{1}{2}$ espesor de la capa. El material de subbase no debe tener más del 50 % en peso de partículas que pasen el Tamiz 0,425 mm, ni más del 25 % en peso de partículas que pasen el Tamiz 0,075 mm.

4.3.5.4. Plasticidad y cohesión

El material de subbase debe tener las características siguientes:

4.3.5.4.1. Plasticidad

La porción que pasa el Tamiz 0,425 mm no debe de tener un índice de plasticidad AASHTO T 90 mayor de 6, ni un límite líquido AASHTO T 89 mayor de 25; determinados ambos sobre una muestra preparada en húmedo según AASHTO T 146. Cuando las Disposiciones Especiales lo indiquen expresamente, el índice de plasticidad puede ser más alto, pero en ningún caso mayor de 8.

En caso de que el índice de plasticidad sea mayor de 6 deberá presentarse un informe técnico por un especialista que indique que las características del suelo no afectarán el desempeño de la estructura de pavimento.

4.3.5.4.2. Equivalente de arena

No debe ser menor de 25 y debe de ser determinado por el método AASHTO T 176.

4.3.5.4.3. Impurezas

El material de subbase debe estar exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa de subbase puedan causar fallas en el pavimento.

Si la granulometría del material obtenido en un banco una vez sujeto al tratamiento mecánico no cumple con los requisitos establecidos en esta Norma,

se podrá mezclar con materiales de otros bancos en la proporción adecuada para que cumpla con dichos requisitos; en ningún caso es aceptable mezclar con materiales finos que agreguen plasticidad a la mezcla.

Una vez establecida la proporción, el Contratista será el responsable de los procedimientos de mezclado de los materiales para garantizar la homogeneidad de los mismos, evitando su segregación o degradación.

El material tendrá las características granulométricas que se establecen en la Tabla 303-1 y se muestran en la Figura 303-1, considerando que el tamaño máximo de sus partículas no será mayor de veinticinco 25 % del espesor de la subbase, con los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 303-2 de esta Norma en función de la intensidad del tránsito en términos del número de ejes equivalentes acumulados de 8,2 toneladas, esperado durante la vida útil del pavimento (ΣL).

Tabla VIII. **Tabla 303-1. Requisitos de granulometría de los materiales para subbases de pavimentos asfálticos; tomando en cuenta el número de ejes equivalentes**

Malla		Porcentaje que pasa ^[1]	
Abertura (mm)	Designación	$\sum L \leq 10^6$ ^[2]	$\sum L > 10^6$ ^[2]
75	3 plg	100	100
50	2 plg	85-100	85-100
37,5	1 1/2 plg	75-100	75-100
25	1 plg	62-100	62-100
19	3/4 plg	54-100	54-100
9,5	3/8 plg	40-100	40-100
4,75	N°4	30-100	30-80
2	N°10	21-100	21-60
0,85	N°20	13-92	13-45
0,425	N°40	8-75	8-33
0,25	N°60	5-60	5-26
0,15	N°100	3-45	3-20
0,075	N°200	0-25	0-15

Fuente: Instituto mexicano del transporte. *N.CMT.4.02.001/11*. p .3.

Tabla IX. **Tabla 303-2.- Requisitos de calidad de los materiales para subbases de pavimento asfáltico; tomando en cuenta el número de ejes equivalentes**

Característica	Valor %	
	$\Sigma L \leq 10^{6[1]}$	$\Sigma L \leq 10^{6[1]}$
Límite líquido ^[2] , máximo	30	25
Índice plástico ^[2] , máximo	10	6
Valor Soporte de California (CBR) ^[2,3] , mínimo	50	60
Equivalente de arena ^[2] , mínimo	30	40
Desgaste Los Ángeles ^[2] , máximo	50	40
Grado de compactación ^[2,4] , mínimo	100	100

- [1] ΣL = Número de ejes equivalentes acumulados de 8,2 t, esperado durante la vida útil del pavimento.
 [2] Determinado mediante el procedimiento de prueba que corresponda.
 [3] Con el grado de compactación indicado en esta Tabla.
 [4] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Modificada, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa.

Fuente: Instituto mexicano del transporte. *N-CMT-4-02-001/11*. p. 4.

Requisitos de construcción

4.3.6. Selección del material

Es responsabilidad del Contratista seleccionar los bancos de materiales que llenen los requisitos de calidad establecidos y someter el material a la aprobación del Delegado Residente, acompañando los resultados de los ensayos que haya efectuado. Esta solicitud debe presentarla antes de utilizar cualquier banco con 15 días de anticipación como mínimo para que el Delegado Residente pueda verificar la calidad.

La aprobación de los bancos de materiales no exonera al Contratista de su responsabilidad de colocar en la capa de subbase un material que se ajuste a los

requisitos de estas Especificaciones Generales. Los bancos de material apropiado para uso posterior en la construcción de la base y capas de superficie no deben ser utilizados, si en opinión del Delegado Residente es evidente su escasez.

Cuando existan varios bancos como alternativas para el uso del material de subbase dentro de las condiciones normales de acarreo, el Contratista debe usar el material que tenga un mayor valor soporte, menor porcentaje que pase el Tamiz 0,075 mm, menor índice de plasticidad y mayor equivalente de arena.

4.3.7. Explotación de los bancos de materiales

El Contratista debe de construir por su cuenta los caminos de acceso y obras complementarias para la explotación y obtención del material de subbase común. Previamente a la explotación, debe efectuar la limpia, chapeo y destronque correspondiente, eliminando la vegetación, capa de materia orgánica, basura, arcilla, rocas mayores de 70 mm y sustancias que puedan contaminar el material obtenido.

Debe además organizar y controlar el tránsito de vehículos, el acarreo del material y mantener los caminos aplacando el polvo para evitar accidentes; todo de acuerdo con lo estipulado en 155.04. de estas Especificaciones Generales.

4.3.8. Colocación y tendido

El proceso de colocación y tendido se debe de regir por:

4.3.8.1. Colocación

El Contratista debe colocar el volumen de material correspondiente al espesor de subbase requerido por el diseño sobre la subrasante recibida, previamente preparada y reacondicionada, de acuerdo con las Secciones 301 y 302. El material puede ser colocado en pilas por medio de camiones de volteo formando camellones o con máquina especial esparcidora.

4.3.8.2. Tendido

El material de subbase debe ser tendido en capas no mayores de 300 mm, ni menores de 100 mm. Si el espesor de subbase requerido es mayor de 300 mm, el material debe ser colocado en dos o más capas, nunca menores de 100 mm. No permitiéndose la colocación de la capa siguiente, antes de comprobar la compactación de la inmediata anterior.

El material suelto de subbase colocado debe corresponder en cantidad, al espesor de la capa a tender en el ancho total establecido en la sección típica de pavimentación, tomando en cuenta su reducción de volumen por la compactación. La distancia máxima a que puede ser colocado el material de subbase medida desde el extremo anterior cubierto con la base, no debe ser mayor de 2 km.

4.3.9. Mezcla

Después de haberse colocado y tendido el material, cuando no se use máquina especial esparcidora y conformadora, debe procederse a su homogeneización, mezclando el material en todo su espesor mediante el uso de

equipo apropiado, pudiéndose efectuar con motoniveladora o por otro método que produzca una mezcla homogénea.

Cuando se use equipo especial que permita tender el material sin segregación, no se debe requerir esta mezcla.

4.3.10. Riego de agua

El material de subbase debe esparcirse, homogeneizarse y conformarse agregándole la cantidad de agua necesaria y basándose en el ensayo proctor para lograr su compactación, cuya operación puede efectuarse simultáneamente con la mezcla indicada en 4.3.8.

Cuando se use máquina especial esparcidora y conformadora, el material puede ser humedecido previamente en la planta de producción del mismo pudiéndose en este caso proceder a su compactación inmediata. La humedad de campo debe determinarse secando el material o por el método con carburo AASHTO T 217.

4.3.11. Conformación y compactación

La capa de subbase debe conformarse ajustándose a los alineamientos y Secciones típicas de pavimentación y compactarse en su totalidad hasta lograr el 98% de la densidad máxima, determinada por el método AASHTO T 180; debiéndose efectuar ambas operaciones dentro de las tolerancias establecidas en 4.3.12.

De lo contrario se podrán aplicar mediciones del módulo de superficie con un deflectómetro de impacto liviano a cada 100 m² de forma alterna para

determinar los puntos de revisión de porcentajes de compactación en campo según un análisis estadístico de los resultados.

La determinación de la densidad máxima se debe efectuar por cada 2 000 m³ de material de subbase, cuando haya evidencia de que las características del material han cambiado o se inicie la utilización de un nuevo banco.

La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia mediante el método AASHTO T 191. Con la aprobación escrita del Ingeniero pueden utilizarse otros métodos técnicos incluyendo los no destructivos. Cuando el espesor a compactar exceda de 300 mm el material debe ser colocado, tendido y compactado en dos o más capas, nunca menores de 100 mm.

Antes de iniciar las operaciones de construcción de la subbase en forma continua, el Contratista debe efectuar un tramo de ensayo en el ancho total de la carretera de acuerdo con la sección típica de pavimentación; con las condiciones, equipo y maquinaria que utiliza para este efecto en la obra, con el objeto de que el Delegado Residente pueda determinar los valores a usar para la evaluación de la compactación.

Si durante la construcción ocurren cambios apreciables en las características y condiciones de los materiales que varíen dichos valores o se cambie de banco de aprovisionamiento de materiales, se debe efectuar un nuevo tramo de ensayo.

Si los resultados del tramo de ensayo son considerados satisfactorios por el Delegado Residente, la determinación de la densidad máxima puede

efectuarse por cada 10 000 m³ de material de subbase, si la compactación se efectúa en idénticas condiciones que en el tramo de ensayo.

4.3.12. Control de calidad, tolerancias y aceptación

El control de calidad de los materiales y el proceso de construcción debe de llenar los requisitos estipulados en la sección 106.

4.3.12.1. Control de calidad en los materiales

Para el control de calidad en los materiales se debe de considerar:

4.3.12.1.1. Valor soporte

Se debe efectuar un ensayo por cada 500 m³ producidos al iniciar la explotación de cada banco hasta llegar a 3 000 m³ y seguidamente un ensayo por cada 3 000 m³ colocados.

4.3.12.1.2. Piedras grandes y exceso de finos

Las piedras mayores de 70 mm o mayores que ½ espesor de la capa, el que sea menor, deben ser eliminadas de preferencia en el banco o planta de producción antes de colocar el material de subbase.

4.3.12.1.3. Granulometría

Se debe efectuar un ensayo de granulometría por cada 500 m³ de los primeros 3 000 m³ producidos al iniciar la explotación de cada banco,

seguidamente se debe efectuar un ensayo cada 3 000 m³ colocados de material de subbase.

4.3.12.1.4. Plasticidad y equivalente de arena

Se debe efectuar un ensayo por cada 3 000 m³ de material de subbase colocado.

4.3.12.2. Tolerancias en las características de los materiales

Si los ensayos efectuados al material de subbase común no llenan los valores especificados de cada una de las características indicadas en 4.3.4., después de efectuar las verificaciones necesarias, si esta condición persiste en más del 33 % de los ensayos verificados, el Contratista debe hacer las correcciones necesarias a su costa o el material será rechazado.

4.3.12.3. Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción

Para complementar el control de calidad en los materiales se debe de considerar las siguientes tolerancias en los requisitos de construcción.

4.3.12.3.1. Compactación

El Contratista debe controlar por medio de ensayos de laboratorio y de campo la compactación que debe de dar al material según el equipo de que dispone para lograr la densidad especificada, según 4.3.10. Se establece una

tolerancia en menos del 3 % respecto al porcentaje de compactación especificado para aceptar la capa de subbase. Se debe efectuar un ensayo representativo por cada 400 m² cada una de las capas que se compacten.

Las densidades de campo de preferencia no deben de efectuarse a una distancia menor de 20 m en sentido longitudinal sobre la superficie compactada que se esté controlando, a menos que se trate de áreas delimitadas para correcciones.

De preferencia, el control de compactación se debe hacer entre orillas interiores de hombros a una distancia mayor de 1 metro del borde de la subbase y siguiendo un orden alternado: de derecha, centro e izquierda del eje.

4.3.12.3.2. Superficie y espesor

La conformación de la superficie de la subbase terminada debe verificarse mediante la utilización de un cordel delgado atado en ambos extremos a la punta de dos varillas de igual altura, cada una de las cuales se coloca directamente sobre trompos de construcción contiguos transversal y longitudinalmente.

Luego con una regla graduada se verifica si la altura del cordel es constante sobre la superficie de la subbase, en sentidos transversal y longitudinal.

No se aceptan irregularidades mayores de ± 15 mm respecto a la cota de superficie correspondiente de la subbase.

4.3.12.3.3. Deflexión

El Contratista debe controlar por medio de la Viga Benkelman (AASHTO T 256) o por la aplicación de otro método técnico reconocido, aceptado profesionalmente y establecido en las Disposiciones Especiales. Si la deflexión de la capa de subbase conformada y compactada no sobrepasa el valor de deflexión máxima aceptable para dicha capa.

El valor máximo de deflexión aceptable para la superficie de la capa de subbase no debe ser mayor de 2 mm o 0,08 plg, respecto a un punto dado a una distancia no mayor de 3,68 metros en cualquier dirección, a menos que sea establecido de otra forma en las Disposiciones Especiales.

El Contratista debe de efectuar una prueba de campo para determinar la deflexión por cada 400 m² en la superficie de la capa de subbase compactada, previa aceptación. De preferencia la prueba de deflexión se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de derecha e izquierda del eje.

El Contratista debe de contar con la maquinaria y equipo necesarios para efectuar este control por el método anteriormente indicado o el que corresponda según las Disposiciones Especiales.

Se debe obtener el módulo de superficie y deformaciones verticales con deflectómetro de impacto liviano (LWD). Se establece un módulo de superficie mínimo de 55 MPa y una deflexión máxima de 2,0 mm. con una carga normalizada de 40 kN. Los parámetros de módulo de superficie y de deflexión máxima podrán variar si se cuenta con un diseño de la estructura de pavimento y subrasante que lo especifique.

Las deflexiones máximas a 300 y 600 mm de la celda de carga deberán ser definidas según el modelo estructural propuesto por el diseñador.

Las mediciones con deflectómetro de impacto se deberán de realizar con una frecuencia de ensayo de 25 metros lineales de forma alterna en ambos carriles cubriendo dos perfiles longitudinales por carril.

4.3.12.4. Aceptación

La aceptación de la capa de subbase se debe efectuar hasta que ésta se encuentre debidamente cubierta con la capa de base, en el ancho total de subbase indicado en las Secciones típicas de pavimentación.

No se permite que la colocación de material de subbase sobrepase más de 2 km del extremo inmediato anterior cubierto con materiales de base y hombros, a menos que se indique de otra manera en las Disposiciones Especiales.

4.3.13. Correcciones

Cuando sea necesario corregir la capa de subbase, por defectos de construcción o variaciones de diseño se debe proceder en la forma siguiente:

4.3.13.1. Correcciones por defectos de construcción imputables al contratista

Cuando existan correcciones que sean imputadas a contratista se debe de seguir:

4.3.13.1.1. Corrección de defectos en la superficie, baches, grietas, laminación

Cuando sea necesario corregir áreas que no abarquen la capa de subbase en el ancho completo se debe escarificar el área previamente delimitada hasta una profundidad mínima de 100 mm, mezclándose eficientemente el material con la humedad adecuada, efectuándose la corrección, tendido y compactación, hasta que dicha superficie, tanto en el área delimitada como en las áreas adyacentes, cumpla con los requisitos de estas Especificaciones Generales.

Para estas operaciones puede usarse motoniveladora o equipo previamente aprobado por el Delegado Residente.

Si los defectos se presentan en todo el ancho de la capa de subbase, se debe delimitar previamente la longitud del tramo de corrección y proceder a efectuar las operaciones antes indicadas, en el ancho y espesor completo de dicha capa. Se debe presentar un informe técnico que especifique la causa de los defectos y los métodos de reparación.

4.3.13.1.2. Corrección por falta de homogeneidad

Cuando sea necesario corregir áreas de capa de subbase debido a segregación o falta de homogeneidad comprobada y de conformidad con las tolerancias establecidas en 4.3.12, según el caso para graduación, plasticidad o compactación, el área previamente delimitada debe

escarificarse en una profundidad igual al espesor de la capa en proceso de ejecución.

Después de efectuar las correcciones necesarias, se debe mezclar y compactar de nuevo hasta que tanto el área delimitada como la superficie adyacente, cumplan con los requisitos de estas Especificaciones Generales. Para esta operación pueden utilizarse mezcladoras móviles, motoniveladoras o equipo previamente aprobado por el Delegado Residente.

Los resultados de deflexiones y módulos deberán analizarse por sectores homogéneos y presentar un coeficiente de variación menor al 30 %.

4.3.13.1.3. Correcciones por irregularidades del espesor de la superficie de la capa de subbase

Cuando se determine que la capa de la subbase presenta deficiencias en el espesor que sobrepasen la tolerancia establecida, el Contratista por su propia cuenta debe corregir la diferencia existente en más o en menos, el ancho total de la subbase indicado en la sección típica de pavimentación de la siguiente forma:

- Si la diferencia es en menos: puede optar por incrementar el espesor de la base a su costa o corregir el defecto.
- Si la diferencia es en más: el contratista debe corregir el defecto. En todo caso debe escarificar hasta una profundidad mínima de 100 mm en el

ancho total de la subbase, reduciendo o incrementando según el caso la cantidad de material para alcanzar la cota de superficie correspondiente; procediendo a efectuar las operaciones de tendido mezcla, conformación y compactación de conformidad con lo establecido en 4.03.07 a 4.03.10.

La homogeneidad en los espesores deberá comprobarse por medio de un análisis de fases aplicando la técnica del georradar (GPR). Los resultados de los espesores deberán contar con un coeficiente de variación menor al 25 %.

4.3.13.2. Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de subbase por variaciones de diseño o causas no imputables al Contratista, el Delegado Residente debe delimitar el área afectada ordenando las correcciones necesarias, por cuyo trabajo se pagará al Contratista, ya sea a los precios unitarios de contrato o en su defecto por medio de un Acuerdo de Trabajo Extra.

Se deberá presentar un informe técnico por el especialista que especifique el impacto en la vida útil del proyecto según los cambios del diseño.

4.3.14. Medida

La medida se debe hacer del número de metros cúbicos de capa de subbase con aproximación de dos decimales, medidos y compactados, en su posición final y satisfactoriamente construidos de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

El volumen debe determinarse por procedimientos analíticos y dentro de los límites y dimensiones indicados en las Secciones típicas de pavimentación y alineamientos horizontal y vertical mostrados en los planos. La longitud debe medirse sobre la línea central de la carretera, en proyección horizontal.

4.3.15. Pago

- El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica anteriormente, satisfactoriamente contruidos como lo establecen estas Especificaciones Generales y debidamente cubiertos con capa de base y hombros, al precio unitario de contrato correspondiente a Capa de Subbase Común, cuyo precio incluye el trabajo estipulado en esta sección, de conformidad con lo indicado en 4.10.02.
- No se reconocerá ningún pago adicional por el suministro de todos los materiales, incluyendo el agua; ni por el acarreo o sobre acarreo de material de subbase, ni por las operaciones necesarias para la obtención y utilización del material de subbase.
- No se reconocerá pago extra por la maquinaria, equipo y personal necesarios para efectuar el control de laboratorio incluyendo la deflexión, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista. Todos estos gastos y los demás implícitos para la ejecución del trabajo deben estar incluidos en el precio unitario de contrato correspondiente a Capa de Subbase Común.

4.4. Sección 304: capa de subbase y base granular

En la siguiente sección se describen y se brindan las especificaciones mínimas para la capa de subbase y base granular.

4.4.1. Descripción

Este trabajo consiste en la obtención y explotación de canteras y bancos de materiales; trituración o clasificación cuando sean necesarias de piedra o grava, combinándolas con material de relleno para formar un agregado clasificado; el apilamiento y almacenamiento transporte, colocación, tendido mezcla, humedecimiento conformación y compactación del material de subbase o base granular.

La regulación del tránsito, así como el control de laboratorio de todas las operaciones necesarias para construir la subbase o base granular en una o varias capas; conforme lo indicado en los planos, ajustándose a los alineamientos horizontal y vertical y Secciones típicas de pavimentación correspondientes, dentro de las tolerancias estipuladas de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

4.4.2. Definiciones

En esta sección se consideran las siguientes definiciones.

4.4.2.1. Subbase granular

Es la capa formada por la combinación de piedra o grava con arena y suelo en su estado natural, clasificados o con trituración parcial para constituir una

subbase integrante de un pavimento la cual está destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento de tal manera que el suelo de subrasante las pueda soportar.

4.4.2.2. Base granular

Es la capa formada por la combinación de piedra o grava con arena y suelo en su estado natural, clasificados o con trituración parcial para constituir una base integrante de un pavimento.

Materiales

4.4.3. Requisitos para los materiales

El material de subbase o base granular debe consistir de preferencia en piedra o grava clasificadas sin triturar o solamente con trituración parcial cuando sea necesario para cumplir con los requisitos de graduación establecidos en esta sección, combinadas con arena y material de relleno para formar un material de subbase o base granular que llene los requisitos siguientes:

4.4.3.1. Valor soporte

Se consideran los valores soporte para subbase y base de acuerdo con las siguientes normas AASHTO.

4.4.3.1.1. Subbase

Poseer un valor CBR (AASHTO T 193) mínimo de 60.

4.4.3.1.2. Bases

Poseer un valor CBR (AASHTO T 193) mínimo de 70. Ambos efectuados sobre muestra saturada a 95 % de compactación determinada por el método AASHTO T 180 y un hinchamiento máximo de 0,5 % en el ensayo efectuado según AASHTO T 193.

El material para utilizar en la capa de subbase deberá cumplir con un módulo de elasticidad mínimo de 30 000 psi y el de la capa de base con un módulo de elasticidad mínimo de 45 000 psi, estos deberán determinarse por medio de un ensayo triaxial cíclico durante la etapa de diseño de las capas.

Durante la ejecución del proyecto las capas se podrán controlar por medio del ensayo de valor soporte CBR definiendo una ecuación de correlación adecuada para el proyecto en función de los resultados obtenidos en el ensayo triaxial cíclico.

4.4.3.2. Abrasión

La porción de agregado retenida en el Tamiz 4,75 mm o N°4 no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión determinado por el método AASHTO T 96, mayor de 50 a 500 revoluciones.

4.4.3.3. Partículas planas o alargadas

No más del 25 % en peso del material retenido en el Tamiz 4,75 mm o N°4, pueden ser partículas planas o alargadas con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.

4.4.3.4. Impurezas

El material de subbase o base granular debe estar exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa de subbase o base granular puedan causar fallas en el pavimento.

4.4.3.5. Graduación

El material para capa de subbase o base granular debe llenar los requisitos de graduación determinada por los métodos AASHTO T 27 y AASHTO T 11, para el tipo que se indique en las Disposiciones Especiales de los que se estipulan en la Tabla 304-1.

El material tendrá las características granulométricas que se establecen en la tabla 304-1, considerando que el tamaño máximo de sus partículas no será mayor de 25 % del espesor de la subbase con los requisitos de calidad que se indican en la tabla 304-2 de esta Norma en función de la intensidad del tránsito en términos del número de ejes equivalentes acumulados de 8,2 toneladas, esperado durante la vida útil del pavimento (ΣL).

Tabla X. **Tabla 304-1. Requisitos de granulometría de los materiales para subbases de pavimentos asfálticos; tomando en consideración el sistema de ejes equivalentes**

Tabla I. Malla		Porcentaje que pasa ^[1]	
Abertura mm	Designación	$\sum L \leq 10^6$ [2]	$\sum L > 10^6$ [2]
75	3 plg	100	100
50	2 plg	85 - 100	85 - 100
37,5	1½ plg	75 - 100	75 - 100
25	1 plg	62 - 100	62 - 100
19	¾ plg	54 - 100	54 - 100
9,5	⅜ plg	40 - 100	40 - 100
4,75	N°4	30 - 100	30 - 80
2	N°10	21 - 100	21 - 60
0,85	N°20	13 - 92	13 - 45
0,425	N°40	8-75	8-33
0,25	N°60	5-60	5-26
0,15	N°100	3-45	3-20
0,075	N°200	0 – 25	0 – 15

[1] El tamaño máximo de las partículas no será mayor de 20% de espesor de la subbase.

[2] $\sum L$ = Número de ejes equivalentes acumulados de 8,2 toneladas esperado durante la vida útil del pavimento.

Fuente: Instituto mexicano del transporte. *N.CMT.4.02.001/11*. p .5.

4.4.3.6. Plasticidad y cohesión

El material en el momento de ser colocado en carretera debe de cumplir lo estipulado a continuación para bases y subbases.

- No debe de tener una fracción que pasa el Tamiz 0,425 mm o N°40 incluyendo el material de relleno.
- Poseer un índice de plasticidad mayor a 6 determinado por el método AASHTO T90.
- Poseer un límite líquido mayor de 25, determinado por el método AASHTO T T89.
- Todo determinado sobre una muestra preparada en húmedo de conformidad con AASHTO T 146, sobre una muestra preparada en húmedo de conformidad con AASHTO T 146.

Tabla XI. **Tabla 304-2. Requisitos de calidad de los materiales para subbases de pavimentos asfálticos; tomando en cuenta el sistema de ejes equivalentes**

Característica	Valor %	
	$\Sigma L \leq 10^6$ [1]	$\Sigma L > 10^6$ [1]
Límite líquido [2], máximo	30	25
Índice plástico [2], máximo	10	6
Valor Soporte de California (CBR) [2, 3], mínimo	50	60
Equivalente de arena [2], mínimo	30	40
Desgaste Los Ángeles [2], máximo	50	40
Grado de compactación [2, 4], mínimo	100	100

[1] ΣL = Número de ejes equivalentes acumulados de 8,2 toneladas esperado durante la vida útil del pavimento.

[2] Determinado mediante el procedimiento de prueba que corresponda de los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma.

[3] Con el grado de compactación indicado en esta Tabla.

[4] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Modificada, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa.

Fuente: Instituto mexicano del transporte. *N-CMT-4-02-001/11*. p. 7.

4.4.3.7. Material de relleno

Cuando se necesite agregar material de relleno en adición al que se encuentra naturalmente en el material para proporcionarle características adecuadas de granulometría y cohesión, éste debe estar libre de impurezas y consistir en un suelo arenoso polvo de roca, limo inorgánico u otro material con alto porcentaje de partículas que pasan el Tamiz 2,00 mm o N° 10.

Requisitos de construcción

4.4.4. Producción del material

Previamente a la explotación y extracción del material el Contratista debe efectuar la limpia, chapeo y destronque correspondientes en el banco eliminando la vegetación, capa de materia orgánica, basura, arcilla y sustancias que puedan contaminar el material producido. Si en las Disposiciones Especiales se requiere la trituración parcial, ésta debe ser efectuada en planta.

En todo caso la graduación del material debe lograrse en la planta de producción con un sistema de clasificación adecuado con el número y tipo de zarandas necesarias para lograr la granulometría especificada. El material de relleno debe mezclarse uniformemente con los otros materiales componentes de preferencia en la planta de clasificación antes de apilar el agregado.

El Contratista debe efectuar el control continuo de laboratorio sobre la calidad y características del material producido y efectuar las correcciones necesarias para obtener un material de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

El material de subbase o base producido puede almacenarse en el área de la planta o ser acarreado para apilarse y almacenarse en lugares estratégicamente localizados, debiendo en todo caso ajustarse a lo establecido en la sección 313.

El Contratista debe además organizar y controlar el tránsito de vehículos, el acarreo de material y mantener los caminos aplacando el polvo para evitar accidentes, todo de acuerdo con lo estipulado en 155.04 de estas Especificaciones Generales.

4.4.5. Colocación y tendido

El material de subbase y base granular debe ser depositado sobre la subrasante o subbase respectivamente. Previamente preparada y aceptada, ya sea directamente con camiones de volteo tendiéndolo con motoniveladora o por medio de equipo especial que asegure su distribución en una capa de material uniforme y sin segregación en una sola operación y que lo acondicione en un ancho no menor de 3 metros.

El espesor de la capa a tenderse no debe ser mayor de 300 mm ni menor de 100 mm. La distancia máxima a que puede ser colocado el material de subbase o base granular, medida desde el extremo anterior de la capa terminada, en ningún caso debe ser mayor de 2 km para la subbase y de 4 km para la base.

4.4.6. Mezcla

Después de haberse colocado y tendido el material de subbase o base granular, debe procederse a su homogeneización con la humedad adecuada, mezclando el material en todo el espesor de la capa, mediante la utilización de

maquinaria y equipo apropiado pudiéndose efectuar con motoniveladora o cualquier equipo que asegure una mezcla homogénea.

En caso de utilizarse equipo especial de tendido que permita esparcir el material previamente humedecido y sin segregación, no se debe requerir esta mezcla.

4.4.7. Riego de agua

Previamente a la compactación de la capa de subbase o base granular se debe humedecer adecuadamente el material para lograr la densidad especificada. La humedad de campo se debe determinar secando el material o por el método con carburo según AASHTO T 217. El humedecimiento del material se puede efectuar en la planta antes de ser acarreado y tendido pudiéndose en este caso proceder a su compactación inmediata.

En el caso de que el material se humedezca después de tendido, debe mezclarse mecánicamente para lograr un humedecimiento homogéneo que permita la compactación especificada. El riego de agua se puede efectuar simultáneamente con la operación de mezcla.

4.4.8. Conformación y compactación

La capa de subbase o base granular se debe conformar ajustándose a los alineamientos y Secciones típicas de pavimentación y compactarse en su totalidad hasta lograr el 100 % de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180, debiéndose efectuar ambas operaciones, dentro de las tolerancias establecidas en 4.4.9.

La determinación de la densidad máxima se debe efectuar por cada 3 000 m³ de material de subbase o base granular o cuando haya evidencia que las características del material han cambiado o se inicie la utilización de un nuevo banco.

La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia mediante el método AASHTO T 191; con la aprobación escrita del Ingeniero pueden utilizarse otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

El material de subbase o base granular con la compactación realmente aplicada, dentro de las tolerancias establecidas, debe llenar el requisito de valor soporte especificado en 4.4.3.1.

Cuando el espesor de la capa a compactar exceda de 300 mm, el material debe ser tendido conformado y compactado en dos o más capas nunca menores de 100 mm.

Antes de iniciar las operaciones de construcción de la subbase o base granular de manera continua, el Contratista debe efectuar un tramo de prueba en el ancho total de la misma, indicado en las Secciones típicas de pavimentación con las condiciones, maquinaria y equipo que utilizará para este efecto en la obra, con el objeto de que el Delegado Residente pueda determinar los valores a usar para la evaluación de la compactación. Si durante la construcción ocurren cambios apreciables en las características y condiciones de los materiales o se cambie de bancos de aprovisionamiento de los materiales, se debe efectuar un nuevo tramo de prueba.

Si los resultados del tramo de prueba son satisfactorios para el Delegado Residente, la determinación de la densidad máxima puede efectuarse por cada

10 000 m³ de material de subbase o base granular, siempre que la compactación se efectúe en idénticas condiciones que en el tramo de prueba.

4.4.9. Control de calidad, tolerancias y aceptación.

El control de calidad de los materiales y el proceso de construcción debe llenar los requisitos estipulados en la sección 106.

4.4.9.1. Control de calidad de los materiales

Para manejar el control de calidad de los materiales se debe de considerar:

4.4.9.1.1. Valor soporte

Se debe efectuar un ensayo por cada 500 m³ producidos, al iniciar la explotación de un banco hasta llegar a 3 000 m³ y seguidamente un ensayo cada 5 000 m³ colocados.

En caso de utilizar ensayos no destructivos para la capa de subbase no se deberá superar una deflexión mayor a 2,0 mm y se deberá obtener un módulo de superficie mayor a 60 MPa. En el caso de la base, no se deberá superar una deflexión mayor a 1,5 mm y un módulo de superficie mayor a 70 MPa. Las mediciones se deberán realizar a una distancia de ensayo de 50 metros en forma alterna en longitudes menores a 3 km y a una distancia de ensayo de 100 metros en forma alterna en longitudes mayores a 3 km.

4.4.9.1.2. Abrasión

Se debe efectuar un ensayo por cada 10 000 m³ de material en su estado original y por cada 20 000 m³ de material producido.

4.4.9.1.3. Partículas planas o alargadas

Se debe efectuar un ensayo cada 100 m³ de los primeros 1 000 m³ producidos y seguidamente cada 5 000 m³ colocados.

4.4.9.1.4. Graduación

En cada banco se debe efectuar un ensayo por cada 50 m³ en los primeros 500 m³ producidos y seguidamente un ensayo cada 200 m³.

4.4.9.1.5. Plasticidad y equivalente de arena

- Se debe efectuar un ensayo cada 1 000 m³ de material producido.
- Se debe efectuar un ensayo cada 5 000 m³ colocados.

4.4.9.2. Tolerancias de las características de los materiales

Si después de efectuar las verificaciones necesarias en tramos con una longitud no mayor de 500 m, los ensayos efectuados al material de subbase o base granular no llenan los valores especificados de cada una de las características indicadas en 4.4.3., con una prevalencia en más del 33 % de los

ensayos verificados en el tramo; el Contratista debe hacer las correcciones necesarias a su costa o el material será rechazado.

4.4.9.3. Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción

Para el control de calidad y tolerancias en la construcción se debe den de considerar las siguientes especificaciones.

4.4.9.3.1. Compactación

El Contratista debe de controlar por medio de ensayos de laboratorio y de campo la compactación que debe dar al material según la maquinaria y equipo de que dispone para lograr la densidad especificada en 4.4.8. Se establece una tolerancia en menos del 3 % respecto al porcentaje de compactación especificado para aceptación de la capa de subbase o base granular.

Se deben efectuar ensayos representativos por cada 400 m² de cada una de las capas que se compacten. Las densidades de campo no deben ser efectuadas a una distancia menor de 20 m en sentido longitudinal, sobre la superficie compactada que se esté controlando a menos que se trate de áreas delimitadas para correcciones.

De preferencia, el control de compactación se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de derecha, centro e izquierda del eje.

4.4.9.3.2. Superficie

La conformación de la superficie terminada de la capa de subbase o base granular debe ser verificada mediante la utilización de un cordel delgado atado en ambos extremos a la punta de dos varillas de igual altura, cada una de las cuales se coloca directamente sobre trompos de construcción contiguos, transversal y longitudinalmente; a continuación con una regla graduada, se verifica si la altura del cordel es constante sobre la superficie de la subbase o base, en sentidos transversal y longitudinal.

No se permiten irregularidades en la superficie mayores de ± 10 mm.

En el caso de la capa de base no se deberá superar un valor de IRI de 4 m/km, analizado por sectores homogéneos de longitudes no menores a 500 m. Pueden existir excepciones en tramos con una sinuosidad alta.

4.4.9.3.3. Deflexión

El Contratista debe controlar por medio de la Viga Benkelman (AASHTO T 256) o por la aplicación de otro método técnico reconocido, aceptado profesionalmente y establecido en las Disposiciones Especiales. Si la deflexión de la capa de subbase o base granular conformada y compactada, no sobrepasa el valor de deflexión máxima aceptable para dicha capa indicado en las Disposiciones Especiales.

Si en las Disposiciones Especiales no se establece un valor específico para el proyecto el valor máximo de deflexión aceptable para la capa de subbase granular es de 2,0 mm y para la capa de base granular es de 1,5 mm, respecto a un punto dado a una distancia no mayor de 3,68 metros en cualquier dirección.

El Contratista debe efectuar una prueba de campo para determinar la deflexión por cada 400 m² en la superficie de la capa de subbase o base granular compactada, previamente a su aceptación.

De preferencia, la prueba de deflexión se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de: derecha, e izquierda del eje.

El Contratista debe contar con la maquinaria y equipo necesarios para efectuar este control de conformidad con AASHTO T 256 o el que corresponda según las Disposiciones Especiales.

4.4.9.3.4. Espesor

El espesor de la capa de subbase o base granular se debe verificar, al efectuar cada ensayo de control de compactación de conformidad con AASHTO T 191, a menos que se hayan autorizado métodos no destructivos, en cuyo caso se deben efectuar perforaciones cada 200 metros, para verificar el espesor.

Se establece una tolerancia en el espesor total compactado de subbase o de base granular de ± 10 mm, pero el promedio aritmético de los espesores determinados por cada kilómetro no debe diferir en más de 5 mm de espesor estipulado en los planos.

4.4.9.3.5. Aceptación

La subbase granular se debe aceptar, para efectos de pago, hasta que ésta se encuentre debidamente imprimada en el ancho total de la base granular, indicado en las Secciones típicas de pavimentación.

El responsable del estudio geotécnico del banco determinará a nivel de estudio que el material cumple con las características y los requisitos de calidad indicados en esta Norma, según el tipo de material requerido en el proyecto.

En caso de que el Contratista seleccione el banco será responsable de demostrar que el material cumple con las características y los requisitos de calidad señalados en esta Norma, con base en lo indicado realizar cuando proceda, el estudio para su tratamiento mecánico y obtener la aprobación por parte del Residente.

El Contratista entregará a la Supervisión un certificado de calidad que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en esta Norma, expedido por su laboratorio o por un laboratorio externo aprobados por la Supervisión.

4.4.10. Correcciones

Cuando sea necesario corregir la capa de subbase o base granular, debido a defectos de construcción o variaciones de diseño se debe proceder en la forma siguiente:

4.4.10.1. Correcciones por defectos de construcción imputables al contratista

A continuación, se detallan los procedimientos a seguir cuando existan correcciones a defectos imputables al contratista.

4.4.10.1.1. Corrección de defectos en la superficie, baches, grietas y laminación

Cuando sea necesario corregir áreas que no abarquen la capa de subbase o base granular en el ancho completo se debe de escarificar el área previamente delimitada, hasta una profundidad mínima de 100 mm, mezclando eficientemente el material con la humedad adecuada.

Efectuándose la corrección, tendido y compactación hasta que dicha superficie, tanto en el área delimitada como en las áreas adyacentes, cumpla con los requisitos de estas Especificaciones Generales. Para estas operaciones puede usarse motoniveladora o equipo que sea adecuado para este objeto.

Si los defectos se presentan en todo el ancho de la capa de subbase o base granular, se debe delimitar previamente la longitud del tramo de corrección y proceder a efectuar las operaciones antes indicadas en el ancho y espesor completos de dicha capa.

4.4.10.1.2. Corrección por falta de homogeneidad

Cuando sea necesario corregir áreas de capas de subbase o de base granular, debido a segregación, falta de homogeneidad o compactación insuficiente comprobada, el área previamente delimitada debe escarificarse en una profundidad mínima de 100 mm y después de efectuar las correcciones necesarias, se debe mezclar y compactar de nuevo hasta que, tanto el área delimitada, como la superficie adyacente, cumplan con los requisitos de estas Especificaciones Generales.

Para esta operación puede utilizarse mezcladora móvil, motoniveladora o equipo que sea adecuado para este objeto.

4.4.10.1.3. Correcciones por diferencias en el espesor

Cuando se determine que la capa de subbase o base granular presenta diferencias en el espesor especificado fuera de la tolerancia establecida en 4.4.9.3.1, el Contratista a su costa, debe corregir el espesor fuera de la tolerancia en el ancho total de la subbase o de la base granular, según la sección típica, escarificando una profundidad mínima de 100 mm.

Mediante la aportación o remoción del material para obtener el espesor especificado y procediendo a efectuar las operaciones de colocación, tendido de mezcla, riego de agua, conformación y compactación de acuerdo con lo establecido en 4.4.5 a 4.4.8.

4.4.10.1.4. Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista.

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de subbase o base granular, por variaciones de diseño o causas no imputables al Contratista, el Delegado Residente debe delimitar el área afectada ordenando las correcciones necesarias, por cuyo trabajo se debe pagar al Contratista ya sea a los precios unitarios de Contrato o en su defecto por medio de un Acuerdo de Trabajo Extra.

Cuando a pesar de haberse llenado todos los requisitos de construcción, el tramo presente una deflexión superior a la especificada, el Delegado Residente

deberá ordenar el incremento del espesor de la capa de subbase o de base granular, según corresponda.

4.4.11. Medida

La medida se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, de capa de subbase o base granular, medidos ya compactados en su posición final en la carretera y satisfactoriamente construidos de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

El volumen de material efectivamente colocado se debe determinar por procedimientos analíticos y debe estar dentro de los límites y dimensiones indicados en las Secciones típicas de pavimentación de acuerdo con los alineamientos horizontal y vertical mostrados en los planos u ordenados por el Delegado Residente. La longitud se debe medir sobre la línea central de la carretera, en proyección horizontal.

4.4.12. Pago

- El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica en 4.4.11 y que estén debidamente cubiertos por la capa de base en el caso de la subbase granular o imprimados en el caso de la base granular, al precio unitario de contrato correspondiente a Capa de Subbase 4.4.1.1 o Base Granular 4.4.1.2.

En todo caso los precios citados incluyen el trabajo estipulado en esta sección, de conformidad con lo indicado en 4.10.2.

- No se reconocerá ningún pago adicional por el suministro, acarreo y sobre acarreo de todos los materiales; incluyendo el agua y el material de relleno que se necesite agregar a la subbase o base granular, ni por todas las operaciones necesarias para producir el material de subbase o base granular de conformidad con estas Especificaciones Generales.
- No se reconocerá pago adicional por la maquinaria, equipo y personal necesarios para efectuar el control de laboratorio incluyendo la deflexión, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista. Todos estos gastos y los demás implícitos para la ejecución del trabajo deben estar incluidos en el precio unitario de contrato correspondiente a Capa de Subbase o Base Granular

4.5. Sección 305: capa de subbase y base de grava o piedra trituradas

En la siguiente sección se detallan las especificaciones generales para la capa de subbase y base de grava o piedra triturada.

4.5.1. Descripción

Este trabajo consiste en la obtención y explotación de canteras y bancos; la trituración de la piedra o grava combinándolas con material de relleno para formar un agregado clasificado. El apilamiento, almacenamiento, transporte, colocación, tendido de mezcla, humedecimiento, conformación y compactación del material de subbase o base triturada.

Así como la regulación del tránsito, así como el control de laboratorio de todas las operaciones necesarias para construir la subbase o base triturada en

una o varias capas, conforme lo indicado en los planos, ajustándose a los alineamientos horizontal y vertical y Secciones típicas de pavimentación correspondientes, dentro de las tolerancias estipuladas de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

4.5.2. Definiciones

Se deben de considerar los siguientes términos.

4.5.2.1. Subbase triturada

Es la capa formada por la combinación de piedra o grava trituradas combinadas con material de relleno para constituir una subbase integrante de un pavimento, la cual está destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento de tal manera que el suelo de la subrasante las pueda soportar.

4.5.2.2. Base triturada.

Es la capa formada por la combinación de piedra o grava trituradas combinadas con material de relleno para constituir una base integrante de un pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito a las capas subyacentes.

Dependiendo el tratamiento que los materiales recibieron pueden ser:

4.5.2.3. Materiales cribados

Son las arenas, gravas y limos, así como las rocas alteradas y fragmentadas que al extraerlos quedan sueltos o pueden disgregarse mediante el uso de maquinaria y que, para hacerlos utilizables, requieren de un tratamiento mecánico de cribado con el equipo adecuado para eliminar las partículas mayores al tamaño máximo establecido en esta Norma y satisfacer la composición granulométrica.

4.5.2.4. Materiales parcialmente triturados

Son los poco o nada cohesivos como mezclas de gravas, arenas y limos, que al extraerlos quedan sueltos o pueden ser disgregados y que, para hacerlos utilizables, requieren un tratamiento mecánico de trituración parcial y cribado con el equipo adecuado para aprovechar las partículas mayores al tamaño máximo establecido en esta Norma y satisfacer la composición granulométrica.

4.5.2.5. Materiales totalmente triturados

Son los materiales extraídos de un banco o recolectados que requieren un tratamiento mecánico de trituración total y cribado con el equipo adecuado para satisfacer la composición granulométrica.

4.5.2.6. Materiales mezclados

Son los que se obtienen mediante la mezcla de dos o más de los materiales a que se refieren a 4.5.2.3 a 4.5.2.5 en las proporciones necesarias para satisfacer los requisitos de calidad establecidos en esta Norma.

En cada caso la elección del tratamiento más conveniente corresponderá al Contratista, asegurándose que se cumplan los requisitos de calidad de esta Norma.

Materiales para subbases

4.5.3. Requisitos de los materiales para subbases

El material de subbase para pavimento asfáltico debe consistir en piedra o grava trituradas y mezcladas con material de relleno de manera que el producto obtenido corresponda a uno de los tipos de graduación aquí estipulados y además llene los siguientes requisitos:

- (a) El material tendrá las características granulométricas que se establecen en la Tabla 305-1, considerando que el tamaño máximo de sus partículas no será mayor de 25 % del espesor de la subbase, con los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 305-2 de esta Norma, en función de la intensidad del tránsito en términos del número de ejes equivalentes acumulados 8,2 toneladas, esperado durante la vida útil del Pavimento (ΣL).

Tabla XII. **Tabla 305-1. Requisitos de granulometría de los materiales para subbases de pavimentos asfálticos**

Malla		Porcentaje que pasa ^[1]	
Abertura mm	Designación	$\Sigma L \leq 10^6$ [2]	$\Sigma L > 10^6$ [2]
75	3 plg	100	100
50	2 plg	85 - 100	85 - 100
37,5	1½ plg	75 - 100	75 - 100
25	1 plg	62 - 100	62 - 100
19	¾ plg	54 - 100	54 - 100
9,5	⅜ plg	40 - 100	40 - 100
4,75	Nº4	30 - 100	30 - 80
2	Nº10	21 - 100	21 - 60
0,85	Nº20	13 - 92	13 - 45
0,425	Nº40	8-75	8-33
0,25	Nº60	5-60	5-26
0,15	Nº100	3-45	3-20
0,075	Nº200	0 – 25	0 – 15

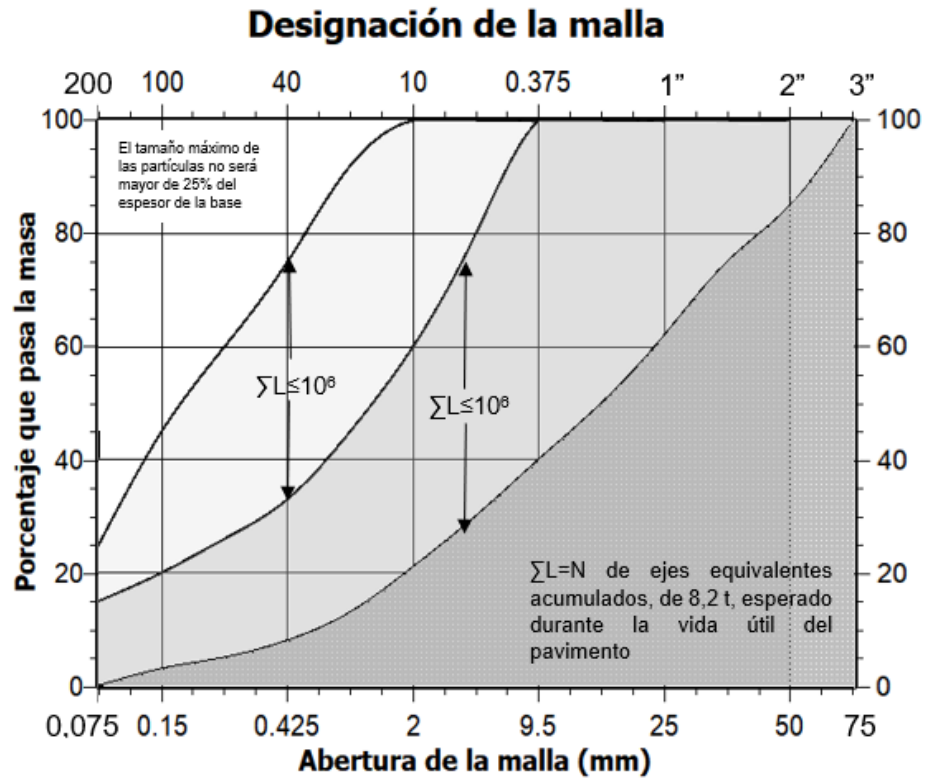
[1] El tamaño máximo de las partículas no será mayor de 20% del espesor de la subbase.

[2] ΣL = Número de ejes equivalentes acumulados de 8,2 toneladas, esperado durante la vida útil del pavimento.

Fuente: Instituto mexicano del transporte. N.CMT-4-02-001/11. p. 3.

- (b) La curva granulométrica del material por emplear, tendrá una forma semejante a la de las curvas que se muestran en la Figura 305-1 de esta Norma sin cambios bruscos de pendiente. La relación entre el porcentaje en masa que pase la malla con abertura de 0,075 mm o Nº200 al que pase la malla con abertura de 0,425 mm o Nº40 no será mayor de 0,65 mm.

Figura 13. **Figura 305-1. Zonas granulométricas recomendables de los materiales para subbases de pavimentos asfálticos**



Fuente: Instituto mexicano del transporte. *N.CMT.4.02.001/11 Designación de malla*. p. 4.

Tabla XIII. **Tabla 305-2.- Requisitos de calidad de los materiales para subbases de pavimentos asfálticos**

Característica	Valor %
Límite líquido ^[1] , máximo	25
Índice plástico ^[1] , máximo	6
Equivalente de arena, mínimo ^[1]	40
Valor Soporte de California (CBR), mínimo ^[1, 2]	80
Desgaste Los Ángeles, máximo ^[1]	35
Partículas alargadas y lajeadas, máximo	40
Grado de compactación ^[1, 3] , mínimo	100

[1] ΣL = Número de ejes equivalentes acumulados de 8,2 toneladas, esperado durante la vida útil del pavimento.

[2] Determinado mediante el procedimiento de prueba que corresponda.

[3] Con el grado de compactación indicado en esta Tabla.

[4] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Modificada, salvo que se indique otra cosa.

Fuente: Instituto mexicano del transporte. *N.CMT.4.02.002/11*. p.4.

- (c) Si la granulometría del material obtenido en un banco una vez sujeto al tratamiento mecánico no cumple con los requisitos establecidos en esta Norma, se podrá mezclar con materiales de otros bancos en la proporción adecuada para que cumpla con dichos requisitos. En ningún caso es aceptable mezclar con materiales finos que agreguen plasticidad a la mezcla.

Una vez establecida la proporción, el Contratista será el responsable de los procedimientos de mezclado de los materiales para garantizar la homogeneidad de los mismos, evitando su segregación o degradación.

El material para utilizar en la capa de subbase deberá cumplir con un módulo de elasticidad mínimo de 35 000 psi y el de la capa de base con un módulo de elasticidad mínimo de 50 000 psi, estos deberán determinarse por medio de un ensayo triaxial cíclico durante la etapa de diseño de las capas.

Durante la ejecución del proyecto las capas se podrán controlar por medio del ensayo de valor soporte CBR definiendo una ecuación de correlación adecuada para el proyecto en función de los resultados obtenidos en el ensayo triaxial cíclico.

Materiales para bases hidráulicas

4.5.4. Requisitos de los materiales para bases de pavimento asfáltico y de pavimentos de concreto hidráulico

El material cribado, parcialmente triturado, totalmente triturado o mezclado que se emplee en la construcción de bases para pavimentos de concreto hidráulico cumplirá con los requisitos de calidad que se indican a continuación:

- El material para la base hidráulica será 100 % producto de la trituración de roca sana, cuando el tránsito esperado durante la vida útil del pavimento (ΣL) sea mayor de diez millones de ejes equivalentes acumulados de 8,2 toneladas; cuando ese tránsito sea de 1 a 10 millones, el material contendrá como mínimo 75 % de partículas producto de la trituración de roca sana y si dicho tránsito es menor un 1 millón, el material contendrá como mínimo 50 % de esas partículas.
- Cuando inmediatamente después de la construcción de la base se coloque una carpeta de concreto hidráulico el material para la base tendrá las

características granulométricas que se establecen en la tabla 305-3 con los requisitos de calidad que se indican en la tabla 305-4 de esta Norma.

Tabla XIV. **Tabla 305-3. Requisitos de granulometría de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de concreto hidráulico**

Malla		Porcentaje que pasa ^[1]	
Abertura mm	Designación	$\Sigma L \leq 10^6$ ^[2]	$\Sigma L > 10^6$ ^[2]
75	3 plg	100	100
50	2 plg	85 - 100	85 - 100
37,5	1½ plg	75 - 100	75 - 100
25	1 plg	62 - 100	62 - 90
19	¾ plg	54 - 100	54 - 83
9,5	⅜ plg	40 - 100	40 - 65
4,75	N°4	30 - 80	30 - 50
2	N°10	21 - 60	21 - 36
0,85	N°20	13 - 44	13 - 25
0,425	N°40	8 - 31	8 - 17
0,25	N°60	5 - 23	5 - 12
0,15	N°100	3 - 17	3 - 9
0,075	N°200	0 - 10	0 - 5

Fuente: Instituto mexicano del transporte. *N.CMT.4.02.002/11*. p. 5.

Tabla XV. **Tabla 305-4. Requisitos de calidad de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de concreto hidráulico**

Característica	Valor %	
	$\Sigma L \leq 10^6$ [1]	$\Sigma L > 10^6$ [1]
Límite líquido [2], máximo	25	25
Índice plástico [2], máximo	6	6
Equivalente de arena [2], mínimo	40	50
Valor Soporte de California (CBR) [2, 3], mínimo	80	100
Desgaste Los Ángeles [2], máximo	35	30
Partículas alargadas y lajeadas [2], máximo	40	35
Grado de compactación [2, 4], mínimo	100	100

[1] Determinado mediante el procedimiento de prueba que corresponda.

[2] Con el grado de compactación indicado en esta Tabla.

[3] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Modificada, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa.

Fuente: Instituto mexicano del transporte. *N·CMT·4·02·002/11*. p. 7.

- Cuando inmediatamente después de la construcción de la base se coloque una carpeta de mezcla asfáltica de granulometría densa, ya sea en caliente o en frío el material para la base tendrá las características granulométricas que se establecen en la tabla 305-3 considerando que el tamaño máximo de sus partículas no será mayor de 20 % del espesor de la base.

Así como deberá de cumplir con los requisitos de calidad que se indican en la tabla 305-4 de esta Norma, en función de la intensidad del tránsito en términos

del número de ejes equivalentes acumulados de 8,2 toneladas esperado durante la vida útil del pavimento (ΣL).

Tabla XVI. **Tabla 305-5. Requisitos de granulometría de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de mezcla asfáltica de granulometría densa**

Malla		Porcentaje que pasa ^[1]	
Abertura mm	Designación	$\Sigma L \leq 10^6$ ^[2]	$\Sigma L > 10^6$ ^[2]
75	3 plg	100	100
50	2 plg	85 - 100	85 - 100
37,5	1½ plg	75 - 100	75 - 100
25	1 plg	62 - 100	62 - 90
19	¾ plg	54 - 100	54 - 83
9,5	⅜ plg	40 - 83	40 - 65
4,75	Nº4	30 - 67	30 - 50
2	Nº10	21 - 50	21 - 36
0,85	Nº20	13 - 37	13 - 25
0,425	Nº40	8 - 28	8 - 17
0,25	Nº60	5 - 22	5 - 12
0,15	Nº100	3 - 17	3 - 9
0,075	Nº200	0 - 10	0 - 5

[1] El tamaño máximo de las partículas no será mayor de 20% del espesor de la base.

[2] ΣL = Número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas esperado durante la vida útil del pavimento.

Fuente: Instituto mexicano del transporte. *N-CMT-4-02-002/11*. p. 7.

- Cuando sobre la base que se construya se coloque solamente un tratamiento asfáltico superficial, el material para la base tendrá las características granulométricas que se establecen en la tabla 305-5.

Considerando que el tamaño máximo de sus partículas no será mayor del 20 % del espesor de la base con los requisitos de calidad que se indican en la tabla 305-4 de esta Norma, en función de la intensidad del tránsito en términos del número de ejes equivalentes acumulados de 8,2 toneladas esperado durante la vida útil del pavimento (ΣL).

Tabla XVII. **Tabla 305-4 Requisitos de calidad de los materiales para bases de pavimentos asfálticos**

Características	Valor %	
	$\Sigma L \leq 10^6$ [1]	$\Sigma L > 10^6$ [1]
Límite líquido [2], máximo	25	25
Índice plástico [2], máximo	6	6
Equivalente de arena [2], mínimo	40	50
Valor Soporte de California (CBR) [2, 3], mínimo	80	100
Desgaste Los Ángeles [2], máximo	35	30
Partículas alargadas y lajeadas [2], máximo	40	35
Grado de compactación [2, 4], mínimo	100	100

[1] ΣL = Número de ejes equivalentes acumulados de 8,2 toneladas, esperado durante la vida útil del pavimento.

[2] Determinado mediante el procedimiento de prueba que corresponda.

[3] Con el grado de compactación indicado en esta Tabla.

[4] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Modificada, salvo que se indique otra cosa.

Fuente: Instituto mexicano del transporte. *N-CMT-4-02-002/11*, p. 8.

Tabla XVIII. **Tabla 305-5. Requisitos de granulometría de los materiales para bases que sean cubiertas solo con un tratamiento asfáltico superficial**

Características	Valor %	
	$\sum L \leq 10^6$ [1]	$\sum L > 10^6$ [1]
Límite líquido ^[2] , máximo	25	25
Índice plástico ^[2] , máximo	6	6
Equivalente de arena ^[2] , mínimo	40	50
Valor Soporte de California (CBR) ^[2] , mínimo	80	100
Desgaste Los Ángeles ^[2] , máximo	35	30
Partículas alargadas y lajeadas ^[2] , máximo	40	35
Grado de compactación ^[2] , mínimo	100	100

[1] El tamaño máximo de las partículas no será mayor de 20% del espesor de la base.

[2] $\sum L$ = Número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas, esperado durante la vida útil del pavimento.

Fuente: Instituto mexicano del transporte. *N-CMT-4-02-002/11*. p. 7.

- Si la granulometría del material obtenido en un banco una vez sujeto al tratamiento mecánico no cumple con los requisitos establecidos en esta Norma, se podrá mezclar con materiales de otros bancos, en la proporción adecuada para que cumpla con dichos requisitos. En ningún caso es aceptable mezclar con materiales finos que agreguen plasticidad a la mezcla.

Una vez establecida la proporción, el Contratista será el responsable de los procedimientos de mezclado de los materiales para garantizar la homogeneidad de los mismos, evitando su segregación o degradación.

- Requisitos de construcción

4.5.5. Producción del material de base

El responsable del estudio geotécnico del banco determinará a nivel de estudio que el material cumple con las características y los requisitos de calidad indicados en esta Norma, según el tipo de material requerido en el proyecto.

Previamente a la explotación del material, el Contratista debe efectuar la limpia, chapeo y destronque correspondientes en el banco, eliminando la vegetación, capa de materia orgánica, basura, arcilla y sustancias que puedan contaminar el material de subbase o base. En caso de que el Contratista seleccione el banco, será responsable de demostrar que el material cumple con las características y los requisitos de calidad señalados en esta Norma.

La trituración debe ser efectuada en planta, en circuito cerrado de repaso evitando la laminación del agregado. La graduación del material debe lograrse en la planta de trituración. Si fuese necesario agregar material de relleno para ajustarse a los requisitos de graduación o para lograr una cohesión satisfactoria, éste debe mezclarse uniformemente con los otros componentes en la planta de trituración, antes de apilar el material.

La planta de trituración debe tener un sistema de clasificación adecuado con el número y tipo de zarandas que sean necesarias para lograr la granulometría especificada. El Contratista debe efectuar el control continuo de

laboratorio sobre la calidad y características del material producido y efectuar las correcciones necesarias, para obtener un material de conformidad con estas Especificaciones Generales.

El material de subbase o base producido puede apilarse y almacenarse en el área de la planta o ser acarreado para apilarse y almacenarse en lugares estratégicamente localizados, debiendo en todo caso ajustarse a lo establecido en la sección 313.

El Contratista debe además organizar y controlar el tránsito de vehículos, el acarreo de material y mantener los caminos aplacando el polvo para evitar accidentes, todo de acuerdo con lo estipulado en 155.04 de estas Especificaciones Generales.

En caso de que el Contratista seleccione el banco será responsable de demostrar que el material cumple con las características y los requisitos de calidad señalados en esta norma y de realizar, cuando proceda, el estudio para su tratamiento mecánico y obtener la aprobación por parte del Residente.

El Contratista entregará a la supervisión un certificado de calidad que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en esta Norma, expedido por su laboratorio o por un laboratorio externo aprobados por la Supervisión.

4.5.6. Colocación y tendido

El material de subbase y base trituradas debe ser depositado sobre la subrasante o sub base respectivamente. Previamente preparada y aceptada, ya sea directamente con camiones de volteo tendiéndolo con motoniveladora o por

medio de equipo especial que asegure su distribución en una capa de material uniforme y sin segregación en una sola operación y que lo acondicione en un ancho no menor de 3 m.

El espesor de la capa a tenderse no debe ser mayor de 300 mm, ni menor de 100 mm. La distancia máxima a que puede ser colocado el material de subbase o base trituradas, medida desde el extremo anterior de la capa terminada, en ningún caso debe ser mayor de 2 km para la subbase y de 4 km para la base.

4.5.7. Mezcla

Después de haberse colocado y tendido el material de subbase o base trituradas, debe procederse a su homogeneización con la humedad adecuada, mezclando el material en todo el espesor de la capa, mediante la utilización de maquinaria y equipo apropiado pudiéndose efectuar con motoniveladora o cualquier equipo que asegure una mezcla homogénea.

En caso de utilizarse equipo especial de tendido que permita esparcir el material previamente humedecido y sin segregación, no se debe requerir esta mezcla.

4.5.8. Riego de agua

Previamente a la compactación de la capa de subbase o base triturada, se debe humedecer adecuadamente el material para lograr la densidad especificada. La humedad de campo se debe determinar secando el material o por el método con carburo según AASHTO T 217. El humedecimiento del material

se puede efectuar en la planta, antes de ser acarreado y tendido pudiéndose en este caso proceder a su compactación inmediata.

En el caso de que el material se humedezca después de tendido debe mezclarse mecánicamente para lograr un humedecimiento homogéneo que permita la compactación especificada. El riego de agua se puede efectuar simultáneamente con la operación de mezcla.

4.5.9. Conformación y compactación

La capa de subbase o base triturada se debe conformar ajustándose a los alineamientos y Secciones típicas de pavimentación y compactarse en su totalidad hasta lograr el 100 % de la densidad máxima, determinada por el método AASHTO T 180, debiéndose efectuar ambas operaciones, dentro de las tolerancias establecidas en 4.5.10.3

La determinación de la densidad máxima se debe efectuar por cada 5 000 m³ para los siguientes casos:

- Material de subbase o base trituradas.
- Cuando haya evidencia que las características del material han cambiado.
- Cuando se inicie la utilización de un nuevo banco.

La compactación en campo se debe comprobar de preferencia mediante el método AASHTO T 191. Con la aprobación escrita del Ingeniero pueden utilizarse otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

El material de subbase o base trituradas con la compactación realmente aplicada, dentro de las tolerancias establecidas, debe llenar el requisito de valor soporte especificado en 4.5.3 (a).

Cuando el espesor de la capa a compactar exceda de 300 mm, el material debe ser tendido conformado y compactado en dos o más capas nunca menores de 100 mm.

Antes de iniciar las operaciones de construcción de la subbase o base trituradas en forma continua, el Contratista debe efectuar un tramo de prueba en el ancho total de la misma, indicado en las Secciones típicas de pavimentación, con las condiciones, maquinaria y equipo que utilizará para este efecto en la obra, con el objeto de que el Delegado Residente pueda determinar los valores a usar para la evaluación de la compactación.

Si durante la construcción ocurren cambios apreciables en las características y condiciones de los materiales o se cambie de bancos de aprovisionamiento, se debe efectuar un nuevo tramo de prueba.

Si los resultados del tramo de prueba son satisfactorios para el Delegado Residente, la determinación de la densidad máxima puede efectuarse por cada 10 000 m³ de material de subbase o base trituradas, siempre que la compactación se efectúe en idénticas condiciones que en el tramo de prueba.

4.5.10. Control de calidad, tolerancias y aceptación

El control de calidad de los materiales y el proceso de construcción debe llenar los requisitos estipulados en la sección 106.

4.5.10.1. Control de calidad de los materiales

Para garantizar el correcto desempeño del sistema se detallan a continuación las siguientes medidas para el control de calidad de los materiales.

4.5.10.1.1. Valor soporte

Se debe efectuar un ensayo por cada 500 m³ producidos, al iniciar la explotación de un banco hasta llegar a 3 000 m³ y seguidamente un ensayo cada 5 000 m³ colocados.

4.5.10.1.2. Abrasión

En cada banco se debe efectuar tres ensayos del material en su estado original. Durante la producción se debe efectuar un ensayo por cada 2 000 m³ de material triturado hasta alcanzar los 10 000 m³ y seguidamente uno cada 5 000 m³ o cuando cambien las características del banco.

4.5.10.1.3. Caras fracturadas y partículas planas o alargadas

Se debe efectuar un ensayo cada 100 m³ de los primeros 1 000 m³ producidos y seguidamente cada 5 000 m³ colocados.

4.5.10.1.4. Graduación

En cada banco se debe efectuar un ensayo por cada 50 m³ en los primeros 1 000 m³ producidos y seguidamente un ensayo cada 200 m³.

4.5.10.1.5. Plasticidad y equivalente de arena

Se debe efectuar un ensayo cada 1 000 m³ de material producidos.

En cualquier momento la Supervisora podrá verificar que el material suministrado cumpla con cualquiera de los requisitos de calidad establecidos en esta Norma, siendo motivo de rechazo el incumplimiento de alguno de ellos.

4.5.10.2. Tolerancias de las características de los materiales

Si los ensayos efectuados al material de subbase o base trituradas no cumplen los valores especificados de cada una de las características indicadas en 4.5.3, después de efectuar las verificaciones necesarias en tramos con una longitud no mayor de 500 m, si esta condición existe en más del 25 % de los ensayos verificados en el tramo, el Contratista debe hacer las correcciones necesarias a su costa o el material será rechazado.

4.5.10.3. Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción

Para garantizar el correcto desempeño del sistema se detallan a continuación las siguientes medidas para el control de calidad y tolerancia en los requisitos de construcción.

4.5.10.3.1. Compactación

El Contratista debe de controlar mediante ensayos de laboratorio y de campo la compactación que debe dar al material según la maquinaria y equipo de que dispone para lograr la densidad especificada en 4.5.8 Se establece una tolerancia en menos del 3 % respecto al porcentaje de compactación, especificado para aceptación de la capa de subbase o base trituradas. Se deben efectuar ensayos representativos por cada 400 m² de cada una de las capas que se compacten.

Las densidades de campo no deben ser efectuadas a una distancia menor de 20 m en sentido longitudinal, sobre la superficie compactada que se esté controlando, a menos que se trate de áreas delimitadas para correcciones. De preferencia el control de compactación se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de derecha, centro e izquierda del eje.

4.5.10.3.2. Superficie

La conformación de la superficie terminada de la capa de subbase o base trituradas debe ser verificada mediante la utilización de un cordel delgado atado en ambos extremos a la punta de dos varillas de igual altura, cada una de las cuales se coloca directamente sobre trompos de construcción contiguos, transversal y longitudinalmente.

A continuación, con una regla graduada, se procede a verificar si la altura del cordel es constante sobre la superficie de la subbase o base, en sentidos transversal y longitudinal. No se permiten irregularidades en la superficie mayores de ± 10 mm.

En el caso de que la capa de base no deberá superar un valor de IRI de 4 m/km, analizado por sectores homogéneos de longitudes no menores a 500 m. Pueden existir excepciones en tramos con una sinuosidad alta.

4.5.10.3.3. Deflexión

El Contratista debe controlar mediante la Viga Benkelman (AASHTO T 256) o por la aplicación de otro método técnico reconocido, aceptado profesionalmente y establecido en las Disposiciones Especiales; si la deflexión de la capa de subbase o base trituradas conformada y compactada no sobrepasa el valor de deflexión máxima aceptable para dicha capa indicado en las Disposiciones Especiales.

Si en las Disposiciones Especiales no se establece un valor específico para el proyecto el valor máximo de deflexión aceptable para la capa de subbase triturada es de 2,0 mm y para la capa de base triturada es de 1,5 mm, respecto a un punto dado a una distancia no mayor de 3,68 m en cualquier dirección.

El Contratista debe efectuar una prueba de campo para determinar la deflexión, por cada 400 m² en la superficie de la capa de subbase o base trituradas compactada, previamente a su aceptación. De preferencia, la prueba de deflexión se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de: derecha, e izquierda del eje.

El Contratista debe contar con la maquinaria y equipo necesarios para efectuar este control de conformidad con AASHTO T 256 o el que corresponda según las Disposiciones Especiales.

4.5.10.3.4. Valor soporte

En caso de utilizar ensayos no destructivos para la capa de subbase no se deberá superar una deflexión mayor a 1,8 mm y se deberá obtener un módulo de superficie mayor a 70 MPa, en el caso de la base no se deberá superar una deflexión mayor a 1,5 mm y un módulo de superficie mayor a 80 MPa. Las mediciones se deberán realizar a una frecuencia de ensayo de 50 m en forma alterna en longitudes menores a 3 km y a una frecuencia de ensayo de 100 m en forma alterna en longitudes mayores a 3 km.

4.5.10.3.5. Espesor

El espesor de la capa de subbase o base trituradas se debe verificar al efectuar cada ensayo de control de compactación de conformidad con AASHTO T 191, a menos que se hayan autorizado métodos no destructivos, en cuyo caso se deben efectuar perforaciones cada 200 m, para verificar el espesor.

Se establece una tolerancia en el espesor total compactado de subbase o de base trituradas de ± 10 mm, sin embargo, el promedio aritmético de los espesores determinados por cada kilómetro no debe diferir en más de 5 mm de espesor estipulado en los planos.

Se podrá aplicar la técnica del georradar para definir los espesores de las capas de subbase y base. Los valores analizados por sectores homogéneos no menores a 300 m deberán contar con un coeficiente de variación menor al 30 %.

4.5.10.3.6. Aceptación

La subbase triturada se debe aceptar, para efectos de pago, hasta que se encuentre cubierta por la base. La base triturada se debe aceptar, para efectos de pago, hasta que ésta se encuentre debidamente imprimada en el ancho total de base triturada, indicado en las Secciones típicas de pavimentación.

4.5.11. Correcciones

Cuando sea necesario corregir la capa de subbase o base trituradas debido a defectos de construcción o variaciones de diseño se debe proceder en la forma siguiente:

4.5.11.1. Correcciones por defectos de construcción imputables al contratista

A continuación, se detallan las correcciones pertinentes cuando existan defectos de construcción imputables al contratista.

4.5.11.1.1. Corrección de defectos en la superficie, baches, grietas y laminación

Cuando sea necesario corregir áreas que no abarquen la capa de subbase o base trituradas en el ancho completo, se debe de escarificar el área previamente delimitada, hasta una profundidad mínima de 100 mm, mezclando eficientemente el material con la humedad adecuada.

Se debe efectuar la corrección, tendido y compactación hasta que dicha superficie, tanto en el área delimitada como en las áreas adyacentes, cumpla con los requisitos de estas Especificaciones Generales. Para estas operaciones puede usarse motoniveladora o equipo que sea adecuado para este objeto.

Si los defectos se presentan en todo el ancho de la capa de subbase o base trituradas, se debe delimitar previamente la longitud del tramo de corrección y proceder a efectuar las operaciones antes indicadas en el ancho y espesor completos de dicha capa.

4.5.11.1.2. Corrección por falta de homogeneidad

Cuando sea necesario corregir áreas de capas de subbase o de base trituradas debido a segregación, falta de homogeneidad o compactación insuficiente comprobada; el área previamente delimitada debe escarificarse en una profundidad mínima de 100 mm y después de efectuar las correcciones necesarias.

Se debe mezclar y compactar de nuevo hasta que tanto el área delimitada, como la superficie adyacente, cumplan con los requisitos de estas Especificaciones Generales. Para esta operación puede utilizarse mezcladora móvil, motoniveladora o equipo que sea adecuado para este objeto.

4.5.11.1.3. Correcciones por diferencias en el espesor

Cuando se determine que la capa de subbase o base triturada presenta diferencias en el espesor especificado fuera de la tolerancia establecida en

4.5.10.3.5, el Contratista a su costa, debe corregir el espesor fuera de la tolerancia en el ancho total de la subbase o de la base trituradas según la sección típica, escurificando una profundidad mínima de 100 mm.

Se debe de agregar o remover material para obtener el espesor especificado y procediendo a efectuar las operaciones de colocación, tendido, mezcla, riego de agua, conformación y compactación de acuerdo con lo establecido en 4.5.5 o 4.5.8

4.5.11.2. Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de subbase o base trituradas, por variaciones de diseño o causas no imputables al Contratista, el Delegado Residente debe delimitar el área afectada ordenando las correcciones necesarias, por cuyo trabajo se debe pagar al Contratista ya sea a los precios unitarios de Contrato o en su defecto por medio de un Acuerdo de Trabajo Extra.

Cuando a pesar de haberse llenado todos los requisitos de construcción, el tramo presente una deflexión superior a la especificada, el Delegado Residente deberá ordenar el incremento del espesor de la capa de subbase o de base trituradas, según corresponda.

4.5.12. Medida

La medida se debe hacer del número de m³, con aproximación de dos decimales, de la capa de subbase o base trituradas, medidos ya compactados en su posición final en la carretera y satisfactoriamente construidos de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

El volumen de material efectivamente colocado se debe determinar por procedimientos analíticos y debe estar dentro de los límites y dimensiones indicados en las Secciones típicas de pavimentación de acuerdo con los alineamientos horizontal y vertical mostrados en los planos u ordenados por el Delegado Residente. La longitud se debe medir sobre la línea central de la carretera en proyección horizontal.

4.5.13. Pago

- El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica en 4.5.11 y que estén debidamente cubiertos por la capa de base en el caso de la subbase triturada o imprimados en el caso de la base triturada, al precio unitario de contrato correspondiente a Capa de Subbase Triturada 4.5.2.1 o Capa de Base Triturada 4.5.2.2.

En todo caso los precios citados incluyen el trabajo estipulado en esta sección de conformidad con lo indicado en 4.10.2.

- No se reconocerá ningún pago adicional por el suministro, acarreo y sobre acarreo de todos los materiales, incluyendo el agua y el material de relleno que se necesite agregar a la subbase o base trituradas, ni por todas las operaciones necesarias para producir el material de subbase o base trituradas de conformidad con estas Especificaciones Generales.
- No se reconocerá pago adicional por la maquinaria, equipo y personal necesarios para efectuar el control de laboratorio incluyendo la deflexión, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista.

Todos estos gastos y los demás implícitos para la ejecución del trabajo deben estar incluidos en el precio unitario del contrato correspondiente a Capa de Subbase o Base Triturada.

4.6. Sección 306: capa de subbase y base de recuperación del pavimento existente

En esta sección se abordan las especificaciones para la capa de subbase y base de recuperación del pavimento existente.

4.6.1. Descripción

Este trabajo consiste en la pulverización, homogeneización, humedecimiento, conformación y compactación del material recuperado. Este trabajo también incluye el suministro, transporte y colocación del material de aporte cuando su incorporación haya sido especificada en las Disposiciones Especiales.

4.6.2. Definición

Es la capa de subbase o base obtenida de la recuperación de la capa de rodadura y de la base del pavimento existente en conjunto con material de aporte según se establezca en las Disposiciones Especiales, la cual debe tener el ancho, profundidades, espesores y proporciones indicadas en los planos, ajustándose a los alineamientos, niveles, pendientes longitudinales y transversales determinadas en los planos.

Requisitos de construcción

4.6.3. Condiciones climáticas

Los trabajos para la recuperación en caliente de carpetas asfálticas serán suspendidos en el momento en que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras éstas no sean las adecuadas, considerando que no se realizarán trabajos:

- Con agua libre o encharcada en la superficie.
- Cuando exista amenaza de lluvia o esté lloviendo.
- Cuando la temperatura ambiente esté por debajo de 15 °C y su tendencia sea a la baja. Sin embargo, pueden ser realizados cuando la temperatura ambiente esté por arriba de 10 °C y su tendencia sea al alza. La temperatura ambiente será tomada a la sombra, lejos de cualquier fuente de calor artificial.

4.6.4. Precauciones durante la obra

No se permitirá que los camiones de acarreo, vehículos, máquinas u otros, realicen maniobras que puedan distorsionar, disgregar u ondular las orillas de la capa recién tendida. Por algún motivo esta situación llegue a suceder, el Contratista reparará inmediatamente los daños causados por su cuenta y costo a satisfacción de la Supervisión.

4.6.5. Requisitos de los materiales

El Contratista será el responsable de someter el material recuperado de la carpeta asfáltica a los tratamientos establecidos en el proyecto o por la Supervisión.

4.6.5.1. Material de Aporte

El material de aporte deberá cumplir con los requisitos establecidos en las Secciones 303, 304 o 305 según corresponda y como se establezca en las Disposiciones Especiales.

4.6.5.2. Mezcla del material recuperado con el de aporte

El Contratista debe dimensionar, graduar el material de aporte y combinarlo en forma homogénea con el material recuperado en las proporciones indicadas en las Disposiciones Especiales o aprobadas por el Delegado Residente con autorización del Ingeniero.

Esto para cumplir con todos los requisitos correspondientes a la sección de Subbase o Base especificada de conformidad con estas Especificaciones Generales, a menos que en las Disposiciones Especiales se establezca de otra manera.

Cuando se requiera la ampliación de la carretera, el material de aporte podrá colocarse en franjas a los lados del pavimento existente con un espesor igual al del reciclado o sobre él, cuando éste haya sido tendido a todo el ancho de la sección típica ampliada. Cuando se especifique material de aporte para

adecuar la graduación de la mezcla o para incrementar el espesor de la capa, este podrá ser tendido sobre la capa recuperada.

En ambos casos se deberá asegurar una completa homogeneización del material recuperado con el material de aporte a todo lo ancho de la sección típica, salvo que se disponga otra cosa en las Disposiciones Especiales.

- Si dados los requerimientos de la obra, es necesario modificar las características de los materiales recuperados o de los materiales asfálticos nuevos, utilizando aditivos, éstos estarán establecidos en el proyecto o serán aprobados por la Supervisora.
- Si el Contratista propone el uso de estos aditivos, lo hará mediante un estudio técnico que los justifique, sometiéndolo a la consideración de la Supervisión para su análisis y aprobación. Dicho estudio ha de contener como mínimo las especificaciones y los resultados de las pruebas de calidad, así como los procedimientos para su manejo uso y aplicación.

4.6.5.3. Valor soporte de la capa recuperada

- Subbase: Poseer un valor CBR (AASHTO T 193) mínimo de 60.
- Bases: Poseer un valor CBR (AASHTO T 193) mínimo de 70.

Ambos efectuados sobre muestra saturada a 95 % de compactación, determinada por el método AASHTO T 180 y un hinchamiento máximo de 0,5 % en el ensayo efectuado según AASHTO T 193.

El material para utilizar en la capa de subbase deberá cumplir con un módulo de elasticidad mínimo de 30 000 psi y el de la capa de base con un módulo de elasticidad mínimo de 45 000 psi, estos deberán determinarse por medio de un ensayo triaxial cíclico durante la etapa de diseño de las capas.

Durante la ejecución del proyecto las capas se podrán controlar por medio del ensayo de valor soporte CBR definiendo una ecuación de correlación adecuada para el proyecto en función de los resultados obtenidos en el ensayo triaxial cíclico. En caso de utilizar ensayos no destructivos:

- Para subbase: No se deberá superar una deflexión mayor a 2,0 mm y deberá obtener un módulo de superficie mayor a 60 MPa.
- Para base: no se deberá superar una deflexión mayor a 1,5 mm y un módulo de superficie mayor a 70 MPa.

Las mediciones se deberán realizar a una distancia de ensayo de 50 m en forma alterna en longitudes menores a 3 km y a una distancia de ensayo de 100 m en forma alterna en longitudes mayores a 3 km.

4.6.6. Equipo

El equipo que se utilice será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto o señalada por la Supervisión en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación o el que indique la Supervisión.

Esto se llevará a cabo conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del Contratista su selección. Dicho equipo será

mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que duren los trabajos y será operado por personal capacitado.

Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Supervisión, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo hasta que el Contratista corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista.

4.6.6.1. Equipo de recuperación

El equipo para la recuperación será autopulsado y estará equipado con las unidades necesarias específicamente diseñadas para calentar y disgregar la carpeta asfáltica, mezclar los materiales recuperados y extenderlos. Podrá ajustarse para trabajar en un ancho mínimo de 3,50 m dejando una superficie uniforme.

- La unidad de calor estará equipada con elementos radiantes con control de temperatura o flama para poder calentar la superficie de la carpeta de manera homogénea, capaces de proporcionar el suficiente calor a una tasa mínima de 2 930 W o 10 000 BTU/h. La cámara de combustión, en su caso tendrá el aislamiento suficiente para proporcionar la máxima protección a las estructuras adyacentes. No se permitirá el uso de equipos con escape de flama abierta.
- El dispositivo para el recorte de la carpeta será capaz de controlar la profundidad de corte establecida en el proyecto o por la Supervisión. Así

mismo deberá poder generar un plano de corte geoméricamente igual al de proyecto o al indicado por la Supervisión.

Este dispositivo puede estar formado por dientes con puntas de carburo distribuidos entre sí a una distancia no mayor de 2,5 cm de centro a centro sobre una cremallera múltiple o bien montados en un rodillo giratorio controlado por el operador, en cantidad tal, que produzcan un patrón de corte con espaciamiento no mayor de 1,6 cm o $\frac{5}{8}$ plg.

- El equipo de recuperación contará con baterías de calentamiento, dispositivo para la reducción del material recuperado a los tamaños especificados y tolva para recepción de material para aportación. Es recomendable que el equipo de recuperación cuente con dispositivos para la incorporación de cemento asfáltico o aditivos; así como mezclador, extendedor, engrasador de material, sensores de control automático de niveles, así como con un pre compactador.

4.6.6.2. Compactadores

La clase de compactador a utilizar esta estrechamente relaciona con el tipo de material a compactar, pudiendo ser:

4.6.6.2.1. Compactadores de rodillos metálicos

Autopropulsados, reversibles y provistos de petos limpiadores para evitar que el material se adhiera a los rodillos. En el caso de compactadores vibratorios, éstos estarán equipados con controles para modificar la amplitud y frecuencia de

vibración. Pueden ser de 3 rodillos metálicos en 2 ejes o hasta 3 ejes con rodillos en tándem, con diámetro mínimo de 1 m o 40 plg en todos los casos.

4.6.6.2.2. Compactadores neumáticos

Autopropulsados. Tendrán 9 ruedas como mínimo de igual tamaño montadas sobre dos ejes unidos a un chasis rígido equipado con una plataforma o cuerpo que pueda ser lastrado de forma que la masa total del compactador se distribuya uniformemente en ellas. Deben estar dispuestas de manera que las llantas del eje trasero cubran, en una pasada el espacio completo entre las llantas adyacentes en el eje delantero.

Las llantas serán lisas, con tamaño mínimo de 7,50-15 de 4 capas e infladas uniformemente a la presión recomendada por el fabricante, verificada en frío con una tolerancia máxima de 17,25 Kp o 2,5 lb/plg².

4.6.6.2.3. Barredoras mecánicas

Autopropulsadas. Tendrán una escoba rotatoria con el tipo de cerdas adecuado según el material por remover y la superficie por barrer.

4.6.7. Escarificación y pulverización del pavimento existente

El Contratista debe escarificar y pulverizar el pavimento existente hasta la profundidad indicada en los planos utilizando el equipo adecuado según el espesor de la carpeta existente. Para ello se podrán utilizar escarificadores montados sobre motoniveladora o sobre tractores de oruga dependiendo del espesor del pavimento.

La pulverización de los materiales podrá realizarse posteriormente utilizando bandas de tractor de oruga en combinación con compactadoras del tipo pata de cabra o rejilla, complementadas con pulverizadoras rotativas mecánicas. Como alternativa, estos trabajos podrán efectuarse en una sola operación utilizando equipo de recuperación específico para este tipo de trabajos.

El tamaño máximo del material pulverizado deberá cumplir con la graduación correspondiente de estas Especificaciones, según se defina en las Disposiciones Especiales.

El material debidamente pulverizado deberá apilarse en camellones a un lado de la sección que se está trabajando, de tal manera que se deje descubierta la capa subyacente para identificar a todo lo ancho de la sección típica, cualquier área inestable atribuible al exceso de humedad, contaminación de los materiales o compactación insuficiente.

Con el objetivo de identificar dichas áreas, el Delegado Residente ordenará al Contratista el paso de una compactadora de neumáticos u otro vehículo adecuado para este efecto. Las deficiencias detectadas deben ser corregidas a criterio del Delegado Residente con cargo a los renglones correspondientes.

Completada esta operación, el material recuperado deberá tenderse en el ancho indicado en los planos, para proceder a la colocación del material de aporte, si así se especifica.

4.6.8. Mezcla

El material pulverizado y el material de aporte, si así se encuentra estipulado; deberán mezclarse con la humedad adecuada para proceder a su homogeneización y mezcla en todo el espesor y ancho de la capa. Para efectuar estas operaciones se debe utilizar maquinaria y equipo apropiado tal como motoniveladora o cualquier equipo que asegure una mezcla homogénea.

4.6.9. Riego de agua

Durante el proceso de tendido, la mezcla del material pulverizado y el de aporte se debe humedecer mezclándose mecánicamente para lograr un humedecimiento homogéneo, que permita la compactación específica. La humedad de campo se debe determinar secando el material o por el método con carburo según AASHTO T 217. El riego de agua se puede efectuar simultáneamente con la operación de mezcla.

4.6.10. Conformación y compactación

La capa de subbase o base recuperada se debe conformar ajustándose a los alineamientos y Secciones típicas de pavimentación. Debe compactarse en su totalidad hasta lograr el 100 % de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180. Ambas operaciones deben efectuarse dentro de las tolerancias establecidas en 4.6.11.3.1.

La determinación de la densidad máxima debe efectuarse por cada 3 000 m³ de material de subbase o base recuperada con el material de aporte ya incorporado.

La compactación en campo se debe comprobar de preferencia mediante el método AASHTO T 191. Con la aprobación escrita del Ingeniero pueden utilizarse otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

El material de subbase o base recuperada con la compactación realmente aplicada, dentro de las tolerancias establecidas, debe llenar el requisito de valor soporte especificado en las Secciones 303, 304 o 305 según le corresponda de conformidad con los planos y Disposiciones Especiales.

Cuando el espesor de la capa a compactar exceda de 300 mm, el material debe ser tendido, conformado y compactado en dos o más capas nunca menores de 100 mm.

Antes de iniciar las operaciones de construcción de la subbase o base recuperada en forma continua, el Contratista debe efectuar un tramo de prueba en el ancho total de la misma, con las condiciones, maquinaria y equipo que utilizará para este efecto en la obra; con el objeto de que el Delegado Residente pueda determinar si el procedimiento y el equipo utilizado son los adecuados para alcanzar el porcentaje de compactación especificado.

Si durante la construcción ocurren cambios apreciables en las características y condiciones de los materiales o se cambie de banco de aprovisionamiento del material de aporte, se debe efectuar un nuevo tramo de prueba.

Si los resultados del tramo de prueba son satisfactorios para el Delegado Residente, la determinación de la densidad máxima puede efectuarse por cada 10 000 m³ de material de subbase o base recuperada, siempre que la compactación se efectúe en idénticas condiciones que en el tramo de prueba.

4.6.11. Control de calidad, tolerancias y aceptación

El control de calidad de los materiales y el proceso de construcción debe llenar los requisitos estipulados en la sección 106.

Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Supervisión, los materiales presentan deficiencias respecto a las características establecidas de esta Norma, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el Contratista, por su cuenta y costo corrija las deficiencias o reemplace los materiales nuevos por otros adecuados. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista.

4.6.11.1. Control de calidad de los materiales

Para garantizar el correcto desempeño de la capa de subbase y base de recuperación del pavimento existente se detallan a continuación las siguientes medidas para el control de calidad de los materiales.

4.6.11.1.1. Valor soporte

Al inicio de las operaciones de recuperación, se debe efectuar un ensayo por cada 500 m³ de subbase o base recuperada con el material de aporte ya incorporado, si éste fuera el caso, hasta llegar a 3 000 m³ y seguidamente un ensayo cada 5 000 m³ colocados.

4.6.11.1.2. Abrasión

Se debe efectuar un ensayo por cada 20 000 m³ de material de aporte producido con la graduación especificada.

4.6.11.1.3. Partículas planas o alargadas

Se debe efectuar un ensayo cada 100 m³ de los primeros 1 000 m³ de material de aporte producido y seguidamente cada 5 000 m³.

4.6.11.1.4. Graduación

En cada banco se debe efectuar un ensayo por cada 50 m³ en los primeros 500 m³ de material de aporte producido y seguidamente un ensayo cada 200 m³. Adicionalmente, se deberá efectuar un ensayo cada 1 000 m³ del material recuperado con el de aporte ya mezclado.

El Delegado Residente, con la autorización del Ingeniero, podrá ordenar modificaciones en la graduación del material de aporte o las proporciones de mezclado para lograr el cumplimiento de la graduación especificada en el diseño.

4.6.11.1.5. Plasticidad y equivalente de arena

Se debe efectuar un ensayo cada 1 000 m³ de material de aporte producido y un ensayo cada 5 000 m³ de material mezclado colocado.

4.6.11.2. Tolerancias de las características de los materiales

Si los ensayos efectuados al material de aporte no llenan los valores especificados de cada una de las características indicadas en 306,03 (a), después de efectuar las verificaciones necesarias en lotes o apilamientos no mayores de 1 000 m³; si esta condición existe en más del 33 % de los ensayos

verificados, el Contratista debe hacer las correcciones necesarias a su costa o el material será rechazado y no se permitirá su incorporación y mezcla con el material recuperado.

4.6.11.3. Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción

Para el control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción se estipula:

4.6.11.3.1. Compactación

El Contratista debe de controlar, por medio de ensayos de laboratorio y de campo la compactación que debe dar al material según la maquinaria y equipo de que dispone para lograr la densidad especificada. Se establece una tolerancia en menos del 3 % respecto al porcentaje de compactación especificado para aceptación de la capa de subbase o base recuperada.

Se deben efectuar ensayos representativos por cada 400 m² de cada una de las capas que se compacten. Las densidades de campo no deben ser efectuadas a una distancia menor de 20 m en sentido longitudinal, sobre la superficie compactada que se esté controlando a menos que se trate de áreas delimitadas para correcciones.

De preferencia el control de compactación se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de derecha, centro e izquierda del eje.

4.6.11.3.2. Superficie

La conformación de la superficie terminada de la capa de subbase o base recuperada debe ser verificada mediante la utilización de un cordel delgado atado en ambos extremos a la punta de dos varillas de igual altura, cada una de las cuales se coloca directamente sobre trompos de construcción contiguos, transversal y longitudinalmente.

A continuación, con una regla graduada, se verifica si la altura del cordel es constante sobre la superficie de la subbase o base recuperada en sentidos transversal y longitudinal. No se permiten irregularidades en la superficie mayores de ± 10 mm.

En el caso de la capa de base no se deberá superar un valor de IRI de 4 m/km, analizado por sectores homogéneos de longitudes no menores a 500 m. Pueden existir excepciones en tramos con una sinuosidad alta.

4.6.11.3.3. Deflexión

El Contratista debe controlar, por medio de la Viga Benkelman (AASHTO T 256) o por la aplicación de otro método técnico reconocido, aceptado profesionalmente y establecido en las Disposiciones Especiales, si la deflexión de la capa de subbase o base recuperada conformada y compactada no sobrepasa el valor de deflexión máxima aceptable para dicha capa, indicado en las Disposiciones Especiales.

Si en las Disposiciones Especiales no se establece un valor específico para el proyecto el valor máximo de deflexión aceptable para la capa de subbase recuperada es de 2,0 mm y para la capa de base recuperada es de 1,5 mm,

respecto a un punto dado a una distancia no mayor de 3,68 metros en cualquier dirección.

El Contratista debe efectuar una prueba de campo para determinar la deflexión por cada 400 m² en la superficie de la capa de subbase o base recuperada compactada, previamente a su aceptación. De preferencia, la prueba de deflexión se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de derecha e izquierda del eje.

El Contratista debe contar con la maquinaria y equipo necesarios para efectuar este control de conformidad con AASHTO T 256 o el que corresponda según las Disposiciones Especiales.

4.6.11.3.4. Deflectómetro de impacto

En caso de utilizar ensayos no destructivos para la capa de subbase no se deberá superar una deflexión mayor a 1,8 mm y se deberá obtener un módulo de superficie mayor a 70 MPa, en el caso de la base no se deberá superar una deflexión mayor a 1,5 mm y un módulo de superficie mayor a 80 MPa.

Las mediciones se deberán realizar a una frecuencia de ensayo de 50 m en forma alterna en longitudes menores a 3 km y a una frecuencia de ensayo de 100 m en forma alterna en longitudes mayores a 3 km.

4.6.11.3.5. Espesor

El espesor de la capa de subbase o base recuperada se debe verificar, al efectuar cada ensayo de control de compactación de conformidad con AASHTO

T 191; a menos que se hayan autorizado métodos no destructivos, en cuyo caso se deben efectuar perforaciones cada 200 m, para verificar el espesor.

Se establece una tolerancia en el espesor total compactado de subbase o de base recuperada de ± 10 mm, pero el promedio aritmético de los espesores determinados por cada kilómetro no debe diferir en más de 5 mm de espesor estipulado en los planos.

Se podrá aplicar la técnica del georradar para definir los espesores de las capas de subbase y base. Los valores analizados por sectores homogéneos no menores a 300 m deberán contar con un coeficiente de variación menor al 30 %.

4.6.11.3.6. Aceptación

La subbase recuperada se debe aceptar, para efectos de pago hasta que se encuentre cubierta por la base. La base recuperada se debe aceptar, para efectos de pago, hasta que ésta se encuentre debidamente impregnada en el ancho total de base recuperada, indicado en las Secciones típicas de pavimentación.

4.6.12. Correcciones

Cuando sea necesario corregir la capa de subbase o base recuperada, debido a defectos de construcción o variaciones de diseño se debe proceder en la forma siguiente:

4.6.12.1. Correcciones por defectos de construcción imputables al contratista

En caso de que hubiere defectos de construcción imputables al contratista, se debe de considerar:

4.6.12.1.1. Corrección de defectos en la superficie, baches, grietas y laminación

Cuando sea necesario corregir áreas que no abarquen la capa de subbase o base recuperada en el ancho completo se debe de escarificar el área previamente delimitada, hasta una profundidad mínima de 100 mm, mezclando eficientemente el material con la humedad adecuada.

Se debe de efectuar la corrección, tendido y compactación hasta que dicha superficie, tanto en el área delimitada como en las áreas adyacentes, cumpla con los requisitos de estas Especificaciones Generales. Para estas operaciones puede usarse motoniveladora o equipo que sea adecuado para este objeto.

Si los defectos se presentan en todo el ancho de la capa de subbase o base recuperada, se debe delimitar previamente la longitud del tramo de corrección y proceder a efectuar las operaciones antes indicadas en el ancho y espesor completos de dicha capa.

4.6.12.1.2. Corrección por falta de homogeneidad

Cuando sea necesario corregir áreas de capas de subbase o de base recuperada debido a segregación, falta de homogeneidad o compactación insuficiente comprobada, el área previamente delimitada debe escarificarse en una profundidad mínima de 100 mm.

Después de efectuar las correcciones necesarias, se debe mezclar y compactar de nuevo hasta que tanto el área delimitada, como la superficie adyacente, cumplan con los requisitos de estas Especificaciones Generales. Para esta operación puede utilizarse mezcladora móvil, motoniveladora o equipo que sea adecuado para este objeto.

4.6.12.1.3. Correcciones por diferencias en el espesor.

Cuando se determine que la capa de subbase o base recuperada presenta diferencias en la profundidad de recuperación o en el espesor especificado fuera de la tolerancia establecida en 4.6.11.3.5, el Contratista a su costa, debe corregir el espesor fuera de la tolerancia en el ancho total de la subbase o de la base recuperada.

Esto según la sección típica, escarificando hasta la profundidad de recuperación especificada, agregando o removiendo material para obtener el espesor especificado y procediendo a efectuar las operaciones de colocación, tendido, mezcla, riego de agua, conformación y compactación de acuerdo con lo establecido en 4.6.5 a 4.6.8.

4.6.12.2. Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de subbase o base recuperada por variaciones de diseño o causas no imputables al Contratista, el Delegado Residente debe delimitar el área afectada ordenando las correcciones necesarias, por cuyo trabajo se debe pagar al Contratista, ya sea a los precios unitarios de Contrato o en su defecto por medio de un Acuerdo de Trabajo Extra.

Cuando a pesar de haberse llenado todos los requisitos de construcción, el tramo presente una deflexión superior a la especificada, el Delegado Residente deberá ordenar el incremento del espesor de la capa inmediata superior a la de subbase o base recuperada, según corresponda.

4.6.13. Medida

- La medida se debe hacer del número de m² del espesor de recuperación especificado con aproximación de dos decimales, correspondiente al ancho promedio de la sección típica a construir indicada en los planos del proyecto satisfactoriamente construidos de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

El área del material recuperado se debe determinar como el producto del ancho promedio por la longitud del tramo a recuperar y debe estar dentro de los límites y dimensiones indicados en las secciones típicas de pavimentación, de acuerdo con los alineamientos horizontal y vertical mostrados en los planos u ordenados por el Delegado Residente. La longitud se debe medir sobre la línea central de la carretera en proyección horizontal.

- El suministro y la colocación del material de aporte serán medidos por el número de metros cúbicos con aproximación de dos decimales, determinado por métodos analíticos sobre la base del área neta comprendida entre la sección típica de pavimentación al nivel de la capa recuperada y las Secciones originales del pavimento existente.

Para el efecto a las áreas que requieran material de aporte se les debe reducir las áreas del pavimento existente que estén afuera de los límites de la sección típica de construcción al nivel de la capa recuperada. Las secciones originales del pavimento existente serán medidas por medio de secciones transversales como se indica en 152.04 (b) usando para el cálculo del volumen el método del promedio de áreas extremas u otro como ahí se indica.

4.6.14. Pago

- El pago de la operación de recuperación se debe hacer por el número de metros cuadrados medidos como se indica en 4.6.11.1 y cubrirá todas las operaciones de escarificación, pulverización, mezcla del material de aporte, humidificación, homogeneización, conformación, compactación y que estén debidamente cubiertos por la capa de base en el caso de la subbase recuperada o imprimados en el caso de la base recuperada.
- Al precio unitario de contrato correspondiente a capa de subbase o Capa de Base Recuperada.
- El pago del suministro y colocación del material de aporte se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica en 4.6.11.2 al precio unitario de contrato del renglón correspondiente. El costo de las operaciones de mezcla, humidificación, homogeneización, conformación y

compactación del material de aporte se debe considerar incluido en 4.6.12.1.

No se reconocerá ningún pago adicional por el acarreo de todos los materiales, incluyendo el agua que se necesite agregar a la subbase o base recuperada. Tampoco se reconocerá pago adicional por la maquinaria, equipo y personal necesarios para efectuar el control de laboratorio incluyendo la deflexión, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista.

4.7. Sección 307: capa de subbase y base estabilizada

En esta sección se detallan las generalidades de la construcción para subbase y base estabilizada.

4.7.1. Descripción

Este trabajo consiste en la obtención y explotación de canteras y bancos; la trituración cuando sea requerida de piedra o grava, combinándolas con material de relleno para formar un material clasificado. El transporte, apilamiento y almacenamiento del material a estabilizar; el aprovisionamiento transporte, almacenamiento y aplicación de los materiales o productos estabilizadores.

Así como La mezcla en planta o en la carretera, según se indique en las Disposiciones Especiales, el transporte, colocación, tendido conformación y compactación de la mezcla; el curado y la regulación del tránsito, así como el control de laboratorio durante todas las operaciones necesarias para construir la subbase o base estabilizada en una o varias capas conforme lo indicado en los planos.

Estas operaciones serán ajustándose a los alineamientos horizontal, vertical y secciones típicas de pavimentación, dentro de las tolerancias estipuladas, de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales

4.7.2. Definición y clasificación

Para esta sección son importantes las siguientes definiciones y clasificaciones.

4.7.2.1. Subbase estabilizada

Es la capa constituida de materiales pétreos o suelos mezclados con materiales o productos estabilizadores, preparada y construida aplicando técnicas de estabilización de suelos, para mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia para constituir una sub base integrante de un pavimento la cual está destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de sub rasante las pueda soportar.

La cual debe tener el ancho espesores y proporciones indicadas en los planos y en las Disposiciones Especiales, ajustándose a los alineamientos, niveles, pendientes longitudinales y transversales determinadas en los planos.

4.7.2.2. Base estabilizada

Es la capa formada por la combinación de piedra o grava trituradas cuando sea requerido en las Disposiciones Especiales, combinadas con material de relleno mezclados con materiales o productos estabilizadores, preparada y

construida aplicando técnicas de estabilización para mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia.

Con la intención de constituir una base integrante de un pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito a la capa de subbase. La cual debe tener el ancho espesores y proporciones indicadas en los planos y en las Disposiciones Especiales, ajustándose a los alineamientos, niveles y pendientes longitudinales y transversales determinadas en los planos.

Estos materiales, según el producto que se utilice en su tratamiento se clasifican como:

4.7.2.2.1. Materiales modificados con cal

Cuando se les incorpora de 2 a 3 % en masa de cal, para modificar su plasticidad o reducir el efecto de la materia orgánica en los suelos.

4.7.2.2.2. Materiales modificados con cemento

Cuando se les incorpora de 3 a 4 % en masa de cemento Portland, para modificar su plasticidad o incrementar su resistencia.

4.7.2.2.3. Materiales estabilizados con cemento

Cuando se les incorpora de 3 a 10 % en masa de cemento Portland para obtener una resistencia a la compresión simple a los 7 días de edad, no menor de 3,0 MPa o 25 kg/cm², incrementar su rigidez y mejorar el apoyo de las losas de losas de concreto hidráulico y de la mezcla asfáltica.

4.7.2.2.4. Materiales estabilizados con asfalto

Cuando se les incorpora, mediante una emulsión o un asfalto rebajado de 3 a 4 % en masa de cemento asfáltico para mejorar su comportamiento y el efecto de la plasticidad.

4.7.2.2.5. Base de mezcla asfáltica: base negra

Cuando a los materiales se les incorpora, en caliente o en frío de 4 a 5 % en masa de cemento asfáltico para formar una capa de concreto asfáltico magro.

4.7.2.2.6. Base de concreto hidráulico magro o de baja resistencia

Cuando a los materiales se les incorpora el cemento Portland necesario para obtener una resistencia a la compresión simple a los 28 días de edad de 14,7 MPa equivalente a 150 kg/cm² a 19,6 MPa equivalente a 200 kg/cm² y transformar un pavimento flexible en un pavimento rígido como es el caso de

concretos compactados con rodillo o de la recuperación en frío de pavimentos asfálticos y su base hidráulica.

4.7.2.2.7. Materiales estabilizados con geomallas de polímeros sintéticos

Cuando mediante el uso de geomallas flexibles o rígidas se estabiliza y refuerza la terracería para bases y subbases de pavimentos.

4.7.2.2.8. Geomallas flexibles

Son aquellas cuya rigidez flexional es igual que 250 000 o mayor y menor de 750 000 mg/cm.

4.7.2.2.9. Geomallas rígidas

Son aquellas cuya rigidez flexional longitudinal es igual que 750 000 mg/cm o mayor.

4.7.2.2.10. Materiales estabilizados con conglomerantes hidráulicos tipo 2

Cuando se les incorpora de 3 a 10 % en masa de conglomerante, para obtener una resistencia a la compresión simple a los 7 días de edad, no menor de 2,5 MPa o 25 kg/ cm² incrementar su rigidez y mejorar el apoyo de las losas de losas de concreto hidráulico y de la mezcla asfáltica.

Materiales

4.7.3. Requisitos para los materiales a estabilizar

Los materiales modificados con cal, modificados o estabilizados con cemento y geomallas cumplirán con los requisitos de calidad que se indican a continuación:

4.7.3.1. Material a estabilizar para subbase

Se consideran materiales aptos para la estabilización de la subbase la cal, cemento y materiales bituminosos, bajo las siguientes condiciones:

4.7.3.1.1. Estabilización con cal

Se admitirá un índice plástico hasta de 30.

4.7.3.1.2. Estabilización con cemento

Se admitirá un índice plástico hasta de 15 y hasta un 70 % de material que pase el tamiz 75 μm o N° 200.

4.7.3.1.3. Estabilización con material bituminoso

Se admitirá un índice plástico hasta de 15, siempre que el producto del índice plástico por el porcentaje que pasa el tamiz 75 μm o N° 200 sea menor de 72.

4.7.3.2. Material a estabilizar para base

Los materiales para estabilizar para la capa de base deben consistir en piedra, grava o arena de río solamente clasificadas sin triturar. Cuando así lo indiquen las Disposiciones Especiales, se puede requerir trituración parcial o total de la piedra o grava. En todo caso los materiales pétreos pueden combinarse con material de relleno en proporciones adecuadas, para formar un material para estabilizar que llene los siguientes requisitos:

4.7.3.2.1. Abrasión

La porción de material retenida en el Tamiz 4,75 mm o N° 4, no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión determinado por el método AASHTO T 96 mayor de 50 a 500 revoluciones. Cuando las Disposiciones Especiales lo indiquen expresamente, puede permitirse un porcentaje de desgaste mayor, de acuerdo con las características de los materiales disponibles en el sitio del proyecto.

4.7.3.2.2. Desintegración al sulfato de sodio

No debe tener una pérdida de peso mayor de 15 % al ser sometido a cinco ciclos, en el ensayo efectuado según AASHTO T 104.

4.7.3.2.3. Caras fracturadas y partículas planas o alargadas

Cuando se requiera piedra o grava trituradas, no menos del 50 % en peso de las partículas retenidas en el Tamiz 4,75 mm o N° 4 deben de tener por lo

menos, una cara fracturada. En todo caso no más del 20 % en peso pueden ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.

4.7.3.2.4. Impurezas

El material para estabilizar debe estar exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa de base estabilizada con cemento puedan causar fallas en el pavimento.

4.7.3.2.5. Graduación

Los materiales para estabilizar para la capa de base deberán cumplir con las graduaciones establecidas en las secciones 304 o 305, según corresponda de acuerdo con lo indicado en las Disposiciones Especiales, con la salvedad de que el porcentaje que pasa el Tamiz 75 μm para el caso de la sección 305 tendrá un valor máximo del 15 %.

4.7.3.2.6. Plasticidad y equivalente de arena

La fracción de material a estabilizar que pasa el Tamiz 4,75 mm o N° 4 incluyendo el material de relleno no debe tener, en la porción que pasa el Tamiz 0,425 mm o N° 40, un índice de plasticidad mayor de 10, determinado por el método AASHTO T 90, ni un límite líquido mayor de 30, determinado por el método AASHTO T 89. Ambos determinados sobre muestra preparada en húmedo de conformidad con el método AASHTO T 146.

En el caso de estabilización con cemento el equivalente de arena determinado por el método AASHTO T 176, no debe ser menor de 25. Para la estabilización con material bituminoso no debe ser menor de 30.

4.7.3.2.7. Peso

El material a estabilizar debe ser uniforme en calidad y densidad. Su peso unitario determinado según AASHTO T 19, no debe de ser menor de 80 lb/pie³ o 1,280 kg/m³.

4.7.3.2.8. Material de relleno

Cuando se necesite agregar material de relleno en adición al que se encuentra en forma natural en el material para proporcionarle características adecuadas de granulometría, éste debe estar libre de impurezas y consistir en un suelo arenoso, arena pómez, polvo de roca, limo inorgánico u otro material con alto porcentaje de partículas que pasan el Tamiz 2,00 mm o N° 10.

4.7.4. Requisitos para los materiales estabilizadores

Los materiales estabilizadores pueden ser cal, cemento hidráulico materiales bituminosos y otros productos que llenen los requisitos que se establecen en esta sección. En los planos y en las Disposiciones Especiales se indicará el tipo de material estabilizador a usar.

4.7.4.1. Cal hidratada

Debe cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO 216, ASTM C 977, NGO 41018, ASTM C 206 y ASTM C 207.

4.7.4.2. Lechada de cal

Puede hacerse con cal hidratada o cal viva pulverizada y debe llenar los requisitos siguientes:

4.7.4.2.1. Composición química

El contenido de sólidos debe consistir en un mínimo de 87 % en masa de óxidos de calcio y magnesio.

4.7.4.2.2. Residuo

El porcentaje por masa del residuo retenido en los tamices indicados, para el contenido de sólidos de la lechada, no debe ser mayor de los límites mostrados en la siguiente tabla.

Tabla XIX. **Tabla 307-1 Requisitos de Graduación para el residuo**

Tamaño del tamiz	Porcentaje retenido en masa
3,350 mm	0,2
0,600 mm	4,0

Fuente: AASHTO. *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes.*
p. 307-3.

4.7.4.3. Grado de la lechada

Debe corresponder a uno de los grados siguientes:

4.7.4.3.1. Grado 1

El contenido de sólidos no debe ser mayor de 31 % de la masa total de la lechada.

4.7.4.3.2. Grado 2

El contenido de sólidos no debe ser mayor de 35 % de la masa total de la lechada. Con contenidos mayores de sólidos. La lechada no puede ser bombeada ni rociada.

4.7.4.4. Cemento hidráulico

Preferentemente debe usarse Cemento Portland Ordinario Tipo I y II, Cemento Portland Modificado con Puzolanas tipo IPM, Cementos Portland Puzolánico tipo IP, Cementos Portland Modificado con Escorias de Alto Horno tipo ISM o Cemento de Escorias de Altos Hornos tipo IS; todos con una clase de resistencia de 28 N/mm² o mayor de conformidad con lo indicado en 551,04 (a).

4.7.4.5. Puzolanas naturales o artificiales y cenizas volantes de carbón

Deben cumplir con lo indicado según ASTM C 618 y en 551,03 (g). Queda terminantemente prohibido el empleo de cenizas volantes producidas por plantas

que utilicen compuestos de sodio amoníaco o azufre para controlar las emisiones de combustión.

4.7.4.6. Materiales bituminosos

Deben llenar los requisitos señalados en la siguiente tabla, a menos que lo indiquen en otra forma las Disposiciones Especiales.

Tabla XX. **Tabla 307-2 Requisitos para los materiales bituminosos**

Tipo y grado de material bituminoso	Especificación	Temperatura de aplicación en ° C
1) Asfaltos Líquidos		
• MC 250	AASHTO M 82	75 - 85
• SC 250	AASHTO M141	75 - 85
• MC 800	AASHTO M 82	95 - 100
• SC 800	AASHTO M 141	95 - 100
2) Emulsiones Asfálticas		
• SS-1	AASHTO M 140	20 - 70
• CSS-1	AASHTO M 208	20 - 70
• SS 1h	AASHTO M 140	20 - 70
• CSS 1h	AASHTO M 208	20 - 70

Nota: la tabla anterior se emplea para indicar los rangos de temperatura necesarios para proporcionar la viscosidad del asfalto adecuada para su esparcimiento. Debe reconocerse que los rangos de temperatura indicados están arriba del mínimo punto de llama para los asfaltos líquidos.

Fuente: AASHTO. *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes.*

p. 307-4.

En realidad, algunos asfaltos pueden tener puntos de llama a temperaturas inferiores de los rangos aquí indicados, es por ello por lo que deben tomarse precauciones de seguridad adecuadas todo el tiempo cuando se trabaje con asfaltos líquidos. Estas precauciones de seguridad incluyen, pero no están limitadas a lo siguiente:

- No se debe permitir la existencia de llamas o chispas cerca de estos materiales. El control de temperatura debe efectuarse en mezcladoras, distribuidoras u otro equipo diseñado y aprobado para este propósito.
- Nunca deben usarse llamas para examinar los tambores, tanques de asfalto u otros contenedores en los que se hayan almacenado estos materiales.
- Todos los vehículos que transporten estos materiales deben ser ventilados adecuadamente.
- Únicamente el personal con experiencia podrá supervisar y manipular estos materiales.

4.7.4.7. Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos

Podrán usarse estabilizadores químicos u otros basados en resinas sintéticas, solos o en combinación con cal, cemento o material bituminoso como se indique en las Disposiciones Especiales, en los planos o con autorización del Delegado Residente con la aprobación del Ingeniero.

El Delegado Residente debe requerir el certificado de calidad extendido por el fabricante o distribuidor; incluyendo los aspectos referentes a la dosificación, procedimientos de aplicación, resistencia y durabilidad del producto.

4.7.4.8. Aditivos retardantes del fraguado y endurecimiento

Para las subbases o bases estabilizadas con cemento estos aditivos deben cumplir con los requisitos de 551,05 (b).

4.7.4.9. Geomallas

Las geomallas de polímeros sintéticos subbases y bases cumplirán con los requisitos de calidad que se indican a continuación:

4.7.4.9.1. Requisitos químicos

Los polímeros sintéticos que se utilicen en la fabricación de geomallas para terracerías, subbases y bases serán polipropileno polietileno o poliéster.

4.7.4.9.2. Requisitos mecánicos

La resistencia a la tensión al 2 y al 5 % de elongación, así como la resistencia última a la tensión, indicadas en la Tabla 307-3 de esta Norma para cada clase de geomalla de polímeros sintéticos para terracerías, subbases y bases, serán determinadas mediante el procedimiento establecido en la norma ASTM D6637-11 (*Standard Test Method for Determining Tensile Properties of Geogrids by the Single or Multi-Rib Tensile Method*).

La resistencia a la tensión de los nodos, indicada en la Tabla 307-3 de esta Norma para cada clase de geomalla de polímeros sintéticos para terracerías, subbases y bases, será determinada mediante el procedimiento establecido en la Norma ASTM D6637-11 (*Standard Test Method for Determining Tensile Properties of Geogrids by the Single or Multi-Rib Tensile Method*).

Tabla XXI. **Tabla 307-3. Requisitos mecánicos para geomallas de polímeros sintéticos para terracerías, subbases y bases**

Requisito	Rigidez flexional (<i>D</i>) ^[1] mg·cm			
	Flexibles		Rígidas	
	$250\ 000 \leq D < 750\ 000$		$D \geq 750\ 000$	
	Sentido		Sentido	
	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal
Resistencia a la tensión al 2 % de elongación, kN/m, mín.	4,1	6,6	6,0	9,0
Resistencia a la tensión al 5 % de elongación, kN/m, mín.	8,5	13,4	11,8	19,6
Resistencia última a la tensión, kN/m, mín.	12,4	19,0	19,2	28,0
Resistencia a la tensión de los nodos, kN/m, mín.	11,5	17,6	17,7	26,7

[1] La rigidez flexional se determinará mediante un procedimiento aceptado por la Supervisión.

Fuente: Instituto mexicano del transporte. *N·CMT·6·01·005/14*. p. 6.

4.7.5. Requisitos para el agua

El agua para usar en las operaciones de estabilización debe ser clara, libre de aceites, sales, ácidos, álcalis, azúcar, materia vegetal y demás sustancias que

puedan ser perjudiciales para la efectividad de la estabilización, según el tipo de producto estabilizador utilizado.

El agua debe llenar los requisitos de la norma AASHTO T 26. Si la fuente es de un sistema de abastecimiento de agua potable, puede ser utilizada sin necesidad de ensayo previo.

4.7.6. Requisitos para el material estabilizado

A menos que las Disposiciones Especiales lo indiquen de otra forma, el material estabilizado debe llenar los requisitos siguientes:

4.7.7. Resistencia a la compresión no confinada

El material de subbase o base ya estabilizado debe tener una resistencia mínima acorde al espesor de la capa establecidos ambos en el diseño e indicados en los planos y en las Disposiciones Especiales. Los valores obtenidos durante la construcción, determinados por el método AASHTO T 220 o ASTM D 5102 para cal o ASTM D 1632 y D 1633 para cemento según corresponda, en ningún caso podrán ser menores que los indicados en los planos y en la siguiente tabla.

Tabla XXII. **Tabla 307-4 Requisitos de Resistencia a la compresión no Confinada**

Estabilizador	Resistencia mínima a la compresión		Edad en días	Especificación
	Subbase	Base		
Cal	1,40 MPa	2,00 MPa	28	ASTM D 5102
Cal-puzolana	2,40 MPa	3,50 MPa	7	ASTM C 593
Cal-cemento-	2,40 MPa	3,50 MPa	7	ASTM D 1633
puzolana	2,40 MPa	3,50 MPa	7	ASTM D 1633
Cemento-	2,40 MPa	3,50 MPa	7	ASTM D 1633
puzolana	2,40 MPa	3,50 MPa	7	ASTM D 1633
Cemento	2,40 MPa	3,50 MPa	7	ASTM D 1633
Estabilizadores químicos				

Fuente: Dirección General de Caminos. *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes*. p. 307-7.

4.7.7.1. Resistencia a mojado y secado

Los especímenes de material estabilizado con cemento al someterse a 12 ciclos de humedecimiento y secado de conformidad con AASHTO T 135, no deben de tener una pérdida de peso mayor de 14 % para las subbases estabilizadas ni mayor de 10 %, para las bases estabilizadas.

4.7.7.2. Estabilidad Marshall

El material de subbase o base estabilizado con materiales bituminosos debe tener una resistencia mínima acorde al espesor de la capa, establecidos ambos en el diseño y conforme se indique en las Disposiciones Especiales y en los planos. En todo caso el material de subbase estabilizado deberá tener una estabilidad Marshall mayor de 2 224 N o 500 lb y el material de base ya estabilizado deberá tener una estabilidad Marshall mayor de 3 336 N o 750 lb.

La compactación de los especímenes para los ensayos indicados anteriormente deberá efectuarse a 50 golpes por cara para la capa de subbase y a 75 golpes para la capa de base.

Cuando se usen asfaltos líquidos el ensayo Marshall se efectuará de conformidad con AASHTO T 245 o ASTM D 1559. Cuando se usen emulsiones asfálticas se efectuará el ensayo Marshall Modificado de conformidad con el manual MS-19 del Instituto de Asfalto.

La preparación para medir la pérdida de estabilidad por inmersión consistirá en los siguientes pasos:

- Se debe mantener los especímenes dentro del molde 24 horas a temperatura ambiente.
- Se debe mantener los especímenes 24 horas adicionales afuera del molde.
- Posteriormente se deben secar los especímenes al horno a 38 °C durante 24 horas.

- A continuación, se deben sumergir en agua, en un recipiente con una presión reducida a 100 mm de mercurio durante una hora y luego restablecer gradualmente la presión atmosférica manteniendo el espécimen en saturación hasta completar un período de 2 horas.
- Al completar esta secuencia, se procederá a realizar el ensayo de estabilidad Marshall.

El valor de la pérdida de estabilidad por inmersión no deberá ser mayor del 30 %, calculada como:

$$\text{Valor de pérdida} = 100 - \frac{\text{estabilidad saturada}}{\text{estabilidad seca}} \times 100$$

Por lo menos el 50 % de las partículas de agregado deberán quedar recubiertas con material bituminoso de conformidad con el ensayo por inmersión en agua a 60 °C de la DGC.

4.7.7.3. Plasticidad

El material de subbase o base ya estabilizado con cal o cemento debe tener un índice de plasticidad determinado por el método AASHTO T 90, no mayor de 4.

4.7.8. Requisitos para materiales de curado

A continuación, se detallan los requisitos para los materiales empleados para el curado.

4.7.8.1. Requisitos para emulsiones asfálticas de curado

El tipo, grado y especificación para el material bituminoso que se use para riego de curado debe ser el correspondiente a las emulsiones SS o CSS a menos que lo indiquen de otra forma las Disposiciones Especiales de acuerdo con AASHTOmetros140 y AASHTOmetros208, respectivamente, con temperaturas de aplicación entre 20 y 70 °C.

4.7.8.2. Requisitos para otros materiales de curado

Si las Disposiciones Especiales así lo indican, pueden utilizarse otros materiales impermeables para riegos de curado de acuerdo con lo indicado en la sección 551.

- Requisitos de construcción

4.7.9. Espesor de la subbase o base estabilizada y método para determinarlo

Es importante determinar de manera correcta el método y el espesor de la subbase o base estabilizada

4.7.9.1. Espesor de la base o subbase estabilizada

El espesor requerido para cada tramo correspondiente debe ser el indicado en los planos, resultantes del diseño del pavimento.

En las Disposiciones Especiales se deben indicar los requisitos de resistencia correspondientes al tipo de estabilización y a los espesores indicados en los planos. Así mismo al especificar el espesor total de la capa, se deberá indicar el número de capas parciales y su espesor máximo necesario para completar el espesor total de diseño.

El espesor total de la capa de subbase o base estabilizada no podrá ser menor de 100 mm, ni mayor de 500 mm.

4.7.10. Determinación del procedimiento de estabilización

Previamente a la iniciación de los trabajos de construcción de la subbase y/o base estabilizada, en forma continua, el Contratista debe someter para conocimiento del Delegado Residente, el procedimiento y la dosificación propuestas para la estabilización de acuerdo con las resistencias requeridas, las características de los materiales y el sistema de estabilización que se establezca en las Disposiciones Especiales.

Así mismo debe determinar, si la aplicación del material estabilizador se va a efectuar en planta o en la carretera, a menos que las Disposiciones Especiales o los planos lo indiquen específicamente. En todo caso el procedimiento debe incluir los resultados de los ensayos de laboratorio correspondientes.

Esta información se debe de presentar con 15 días de anticipación, como mínimo por parte del Contratista para que el Delegado Residente pueda hacer las verificaciones que estime convenientes para su aprobación correspondiente.

4.7.11. Combinación de varios materiales a estabilizar

Si para formar el material a estabilizar, se utilizan combinaciones de materiales de varios bancos aprobados, las cantidades de dichos materiales deben ajustarse a las proporciones previamente establecidas por los ensayos de laboratorio para formar un material a estabilizar que llene los requisitos de estas Especificaciones Generales.

4.7.11.1. Selección de los materiales a estabilizar

Es responsabilidad del Contratista seleccionar los bancos de materiales a estabilizar y someter los materiales a la aprobación del Delegado Residente, acompañando los resultados de los ensayos de laboratorio que haya efectuado.

Esta solicitud debe presentarla antes de utilizar cualquier banco con 15 días de anticipación como mínimo para que el Delegado Residente pueda hacer las verificaciones que estime convenientes. La aprobación de los bancos de materiales no exime al Contratista de su responsabilidad de colocar una capa de subbase o base estabilizada que se ajuste a estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

Los bancos de materiales apropiados para uso posterior en la construcción de una capa superior no deben ser utilizados, si en opinión del Delegado Residente es evidente su escasez. Cuando existan alternativas para el uso de varios bancos de material para estabilizar, dentro de condiciones normales de acarreo.

El Contratista debe usar el material que proporcione una combinación, que económicamente, requiera la menor cantidad de material estabilizador, para llenar los requisitos establecidos en 307.06.

4.7.12. Requisitos para estabilización con cal y con otros estabilizadores: puzolanas o escorias de alto horno

Dependiendo el método de estabilización a emplear, se describen a continuación las distintas generalidades.

4.7.12.1. Cantidad de aplicación

La cantidad de cal y otros estabilizadores para estabilización debe ser ordenada por escrito por el Delegado Residente de conformidad con lo indicado en 4.7.9 Las cantidades de cal pueden variar entre 2 % y 6 % por peso del material a estabilizar.

4.7.12.2. Mezcla

El espesor completo de la capa tendida del material a estabilizar y cal o cal con otros estabilizadores, debe mezclarse con máquina mezcladora previamente aprobada por el Delegado Residente. La cal no puede dejarse expuesta sin mezclar por un período mayor de 6 horas, debiéndose agregar la cantidad de agua adecuada para efectuar la mezcla y para asegurar la acción química de la cal.

La mezcla del material a estabilizar y el estabilizador puede ser hecha en carretera o en planta. El material ya estabilizado para subbase debe llenar los requisitos de graduación indicados en la tabla 307.04.

Tabla XXIII. **Tabla 307-05 Requisitos de graduación de la mezcla final**

Tamaño del Tamiz	% mínimo en masa de grumos que pasa un tamiz de abertura cuadrada
38,1 mm o 1 ½ plg	100 %
4,75 mm o N° 4	50 %

Fuente: Dirección General de caminos. *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes.* p. 307-7.

4.7.12.3. Mezcla en carretera

Cuando la mezcla se haga en carretera, el Contratista puede colocar el material a estabilizar de conformidad con el espesor de diseño de subbase o base estabilizada, tomando en cuenta la reducción en el espesor que se producirá al ser compactado en los tramos en que la capa anterior haya sido recibida. El material puede ser colocado por volteo en pilas, camellones o con máquina especial esparcidora.

La aplicación del material estabilizador puede hacerse con aplicación en seco o con lechada.

4.7.12.4. Aplicación en seco

La cal y otros estabilizadores deben esparcirse uniformemente sobre la superficie del material a estabilizar, por medio de equipo distribuidor de tipo de tornillo caja u otro sistema previamente aprobado por el Delegado Residente.

La aplicación no debe efectuarse colocando las bolsas directamente sobre la superficie ni cuando las condiciones del viento obstaculicen su adecuada distribución en la cantidad especificada y ordenada. El material debe ser regado con agua en cantidad adecuada para su homogeneización.

4.7.12.5. Aplicación en lechada

La cal y otros estabilizadores pueden ser aplicados en forma de lechada, mezclando previamente la cal y otros aditivos con agua en camiones tanque con agitador y distribuidor que permitan su aplicación adecuada, en forma de un riego tenue de agua con lechada en suspensión. La lechada de cal y otros estabilizadores deben llenar los requisitos estipulados en 4.7.4.2.

La distribución se debe efectuar por riegos sucesivos, hasta aplicar la cantidad especificada y ordenada según el grado de lechada, de acuerdo con 4.7.4.2.3.

El material tratado debe ser esparcido mezclado y homogeneizado agregándole la cantidad de agua necesaria previo a ser tendido y compactado. El material debe mezclarse por medio de recicladora, mezcladora rotativa, motoniveladora, solas/combinadas u otro equipo previamente aprobado por el Delegado Residente, hasta desmenuzar todos los grumos.

4.7.12.6. Mezcla en planta

Cuando la aplicación de la cal y otros estabilizadores se efectúa en planta, ésta debe efectuarse utilizando dosificadora-mezcladora previamente inspeccionada por el Delegado Residente, que produzca una mezcla homogénea con la humedad apropiada.

La dosificadora-mezcladora deberá contar con equipo de medición para producir la mezcla en las proporciones por masa o volumen de agregados o materiales a estabilizar cal u otros estabilizadores y agua en las proporciones autorizadas por el Delegado Residente según lo establecido en el inciso 4.7.12.1 anterior.

La proporción de agua a aplicar deberá ser definida para obtener en el punto de colocación de la mezcla, una humedad del 2 % al 3 % mayor que la humedad óptima de la mezcla. El transporte de esta deberá efectuarse en unidades que reduzcan la pérdida de humedad, la pérdida de finos y la segregación de los agregados.

4.7.12.7. Tendido del material

Los materiales ya mezclados deben ser tendidos en capas no mayores de 300 mm, ni menores de 100 mm sobre la superficie subyacente previamente preparada y aceptada. Si el espesor total requerido de subbase o base estabilizada es mayor de 300 mm, debe ser tendido en dos o más capas nunca menores de 100 mm cada una. No permitiéndose tender la capa siguiente antes de comprobar la compactación de la inmediata anterior.

El material de subbase o base estabilizada colocado y tendido debe corresponder en cantidad al espesor de capa requerido en el ancho total establecido en la sección típica de pavimentación, tomando en cuenta su reducción de volumen por la compactación. Cuando las condiciones de tránsito lo requieran, puede tenderse media sección.

4.7.12.8. Afinamiento y compactación

La superficie de la capa final de subbase o base estabilizada debe afinarse para ajustarse a los espesores indicados en planos y a las alineaciones horizontal, vertical y Secciones típicas de pavimentación, procediéndose a la compactación inicial con compactadora liviana de llantas neumáticas no mayor de 70 kN y con rodillo liso sin vibración.

Se procederá a la compactación final, con rodillo vibratorio y compactadora pesada de llantas neumáticas, debiendo quedar el nivel de la superficie ya compactada, dentro de las tolerancias establecidas en estas Especificaciones Generales, hasta lograr un mínimo del 98 % de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180 o AASHTO T 134.

La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia mediante el método AASHTO T 191. Con la aprobación escrita del Ingeniero pueden utilizarse otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

Cuando el espesor a compactar exceda de 300 mm, el material debe compactarse en dos o más capas nunca menores de 100 mm, permitiéndose ejecutar la compactación en media sección cuando el tránsito lo requiera.

Antes de iniciar las operaciones de construcción de la subbase o base estabilizada, el Contratista debe efectuar un tramo de ensayo con las condiciones, equipo maquinaria y materiales que utilizará para este efecto en la obra, con el objeto de que el Delegado Residente pueda determinar los parámetros que deben usarse para la evaluación de la compactación.

Si durante la construcción ocurren cambios apreciables en las características y condiciones de los materiales, que varíen dichos parámetros o se cambie de bancos de aprovisionamiento de los materiales o proporciones de mezcla o del material estabilizador, se debe efectuar un nuevo tramo de ensayo.

El material de subbase o base estabilizada con la compactación realmente aplicada, dentro de las tolerancias establecidas, debe llenar los requisitos estipulados en 4.7.6.

4.7.12.9. Curado

Para el curado se deberá aplicar un sello consistente de una emulsión asfáltica de grado SS o CSS sobre la superficie de la capa final en una cantidad de 0,45 a 0,90 litros por metro cuadrado de superficie. La cantidad exacta será determinada por el Delegado Residente.

El sello de curado debe ser aplicado dentro de las 48 horas posteriores a la compactación final y en el mismo día en que se completó el afinamiento y la compactación final con rodo metálico. El material estabilizado debe tener el contenido óptimo de humedad cuando el sello sea aplicado. Este sello no debe ser aplicado cuando la temperatura ambiente esté por debajo de los 5 °C.

No se permitirá el curado con agua, a menos que el Delegado Residente lo autorice. Los daños que sufra el sello de curado deben ser reparados inmediatamente por el Contratista, a su costa y de la manera indicada por el Delegado Residente.

La siguiente capa del pavimento se deberá colocar y compactar dentro de los 7 días de haber compactado y acabado la capa anterior, siempre que se haya

alcanzado la resistencia suficiente para que no se produzcan fallas o ahuellamientos en la misma. Las capas intermedias de una subbase o base estabilizada no deben sellarse.

4.7.12.10. Juntas de construcción

Para enlazar la operación de cada día con el trabajo terminado el día anterior, en bases o subbases estabilizadas con cal, se deberá volver a mezclar aproximadamente 0,5 m de la capa completada anteriormente antes de procesar secciones adicionales. Se deberá agregar el 50 % de la cantidad original de cal al material remezclado.

4.7.13. Requisitos para estabilización con cemento hidráulico o con mezclas de cemento hidráulico y otros estabilizadores: cal, puzolanas, y escorias de alto horno

Se debe de tomar en consideración las siguientes especificaciones:

4.7.13.1. Cantidad de aplicación

La cantidad de cemento para estabilización, debe ser ordenada por escrito por el Delegado Residente de conformidad con lo indicado en 4.7.9 y basándose en los resultados de los ensayos AASHTO T 134, T 135, ASTM D 1632 y D 1633.

La cantidad aproximada de cemento debe estar comprendida dentro de un 3 a un 8 % de cemento por peso respecto al peso del material a estabilizar.

4.7.13.2. Mezcla

Se deben de tener las siguientes consideraciones con la mezcla.

4.7.13.2.1. Mezcla en carretera

El cemento debe aplicarse uniformemente sobre la superficie del material preparado debiendo efectuarse estas operaciones dentro del tiempo establecido en 4.7.13.3 (2) El material, en el momento de la aplicación del cemento debe tener, para que se produzca una mezcla uniforme, un contenido de humedad adecuado menor que el óptimo de conformidad con el método AASHTO T 134.

La humedad de campo debe determinarse, secando el material o por el método usando carburo de conformidad con AASHTO T 217.

La aplicación del cemento debe efectuarse por medio de maquinaria con equipo distribuidor de tipo de tornillo caja u otro sistema previamente aprobado por el Delegado Residente.

El cemento no debe aplicarse con operación manual, colocando las bolsas sobre la superficie, ni cuando las condiciones del viento obstaculicen su adecuada distribución en la cantidad especificada y ordenada.

El cemento que haya sido desplazado de la superficie a tratar debe ser reemplazado antes de empezar a mezclarse. Inmediatamente después de que el cemento ha sido aplicado debe efectuarse la mezcla, utilizando máquina mezcladora pulverizadora o estabilizadora, previamente aprobadas por el Delegado Residente.

La mezcla debe de continuarse sin interrupción hasta que el cemento esté homogéneo e íntimamente mezclado con el material para prevenir la formación de grumos de cemento cuando se agregue el agua. Inmediatamente después que el material y el cemento se hayan mezclado debe agregarse agua en cantidad adecuada y proseguir la mezcla en húmedo hasta lograr la homogeneidad y consistencia apropiadas para la compactación.

El agua debe aplicarse utilizando un distribuidor a presión o con la máquina estabilizadora, el equipo de abastecimiento y distribución de agua debe ser capaz de aplicar en menos de 3 horas, la cantidad total para mezclado en un tramo en construcción.

4.7.13.2.2. Aplicación y mezcla en planta

La aplicación y mezcla del cemento con el material a estabilizar debe ser efectuada en planta, cuando las Disposiciones Especiales así lo establezcan o cuando lo adopta el Contratista en el procedimiento de estabilización aprobado.

Para la aplicación y mezcla en planta, debe utilizarse maquinaria dosificadora-mezcladora, que produzca una unión íntima y homogénea entre el material y el cemento con la humedad apropiada, evitando la formación de grumos. A continuación, se detallan los requisitos para las plantas mezcladoras.

- (a) Capacidad e Instalaciones.

Las plantas mezcladoras deben ser de capacidad suficiente y de acuerdo con las operaciones establecidas en el procedimiento de estabilización aprobado. Las instalaciones deben proveer suficiente espacio para el almacenamiento y

preparación del material a estabilizar del cemento y para el aprovisionamiento de agua.

Los diversos tamaños de material que indica la fórmula de dosificación deben mantenerse separados, hasta que sean transportados a la unidad dosificadora y mezcladora. El espacio de las instalaciones debe mantenerse limpio y ordenado. El almacenamiento de los materiales y el cemento con fácil acceso para tomar muestras.

- (b) Silo y dosificador de cemento.

La planta debe contar con instalación de silo y unidad dosificadora para el cemento hidráulico de conformidad con lo establecido en la sección 551.

- (c) Instalación de agua.

El suministro de agua debe ser suficiente, debiendo tener un medidor para proporcionarla por peso o por volumen en la cantidad especificada en la fórmula de dosificación. La descarga de agua en la mezcladora no debe iniciarse antes de que parte del material sea colocado dentro de la misma.

- (d) Zarandas

Deben ser de capacidad y tamaño suficiente para proporcionar material dentro de la graduación especificada.

- (e) Tolvas.

Deben almacenar material con tal capacidad que asegure la operación de la planta, por lo menos durante 15 minutos sin alimentación a las mismas.

- (f) Dispositivos para Dosificar.

Deben permitir la medida de cantidades de material, cemento y agua por peso o por volumen; estos dispositivos deben permitir su fácil ajuste en cualquier momento para adaptar la proporción a la fórmula de dosificación dentro de las tolerancias establecidas

- (g) Unidad Mezcladora.

Puede ser del tipo de producción continua o por batchada con dispositivo para el control de tiempo de mezclado.

- (h) Requisitos de Seguridad.

En todos los lugares de acceso para el control e inspección deben proveerse escaleras seguras con baranda metálica. Todos los engranajes, poleas, cadenas, ruedas dentadas y demás partes móviles deben ser eficientemente resguardados y protegidos.

El espacio destinado a carga de camiones debe estar libre y protegido para permitir la circulación lateral. Deben proveerse todos los dispositivos e instrucciones para evitar accidentes a los operadores de la planta.

- (i) calibración de la Planta.

Previamente al suministro continuo de mezcla, el Contratista debe proceder, en presencia del Delegado Residente, a efectuar la calibración de la planta, haciendo los ajustes de todas las operaciones para lograr una mezcla conforme la fórmula de dosificación y dentro de las tolerancias establecidas en estas Especificaciones Generales.

La mezcla debe ser transportada de la planta al lugar de su colocación, por medio de vehículos que reduzcan la pérdida del contenido de humedad, eviten la segregación y la pérdida de material fino según haya sido determinado en el procedimiento de estabilización aprobado y dependiendo de los requisitos de tiempo establecidos en el inciso 4.7.13.3.

- (j) Tendido.

Los materiales ya mezclados deben ser tendidos en capas no mayores de 300 mm, ni menores de 150 mm sobre la superficie subyacente previamente preparada y aceptada. Si el espesor total requerido de subbase o base estabilizada es mayor de 300 mm, debe ser tendido en dos o más capas nunca menores de 100 mm cada una, no permitiéndose tender la capa siguiente antes de comprobar la compactación de la inmediata anterior.

El material de subbase o base estabilizada colocado y tendido debe corresponder en cantidad al espesor de capa indicado en los planos u ordenado por el Delegado Residente en el ancho total establecido en la sección típica de pavimentación, tomando en cuenta su reducción de volumen por la compactación. Cuando las condiciones de tránsito lo requieran, puede tenderse media sección.

4.7.13.3. Requisitos de tiempo para las operaciones de estabilización con cemento hidráulico

- (1) Durante el proceso de estabilización en todas sus etapas, el material estabilizado no debe permanecer sin disturbar más de 30 minutos.
- (2) Entre la aplicación del agua a la mezcla y la terminación de la conformación y la compactación inicial, no deben transcurrir más de 2 horas, para las operaciones correspondientes a un mismo tramo. Asimismo, no deben de transcurrir más de 2 ½ horas desde la aplicación del agua a la mezcla para completar el afinamiento y la compactación final, hasta lograr una superficie firme con textura libre de laminaciones y material suelto.

4.7.13.4. Afinamiento y compactación

El equipo de compactación debe producir la compactación requerida dentro de los límites de tiempo establecidos en el inciso (d) anterior.

La superficie de la capa final de subbase o base estabilizada debe afinarse para ajustarse a los espesores indicados en planos y a las alineaciones horizontal, vertical y Secciones típicas de pavimentación. El nivel de la superficie ya compactada debe quedar dentro de las tolerancias establecidas en estas Especificaciones Generales, hasta lograr un mínimo del 100 % de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 134.

La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia mediante el método AASHTO T 191. Con la aprobación escrita del Ingeniero pueden utilizarse otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

Cuando el espesor a compactar exceda de 300 mm, el material debe compactarse en dos o más capas nunca menores de 150 mm, permitiéndose ejecutar la compactación en media sección cuando el tránsito lo requiera.

Se podrá aplicar la técnica del georradar para definir los espesores de las capas de subbase y base. Los valores analizados por sectores homogéneos no menores a 300 m deberán contar con un coeficiente de variación menor al 30 %.

Antes de iniciar las operaciones de construcción de la subbase o base estabilizada con cemento hidráulico, el Contratista debe efectuar un tramo de ensayo con las condiciones, equipo, maquinaria y materiales que utilizará para este efecto en la obra, con el objeto de que el Delegado Residente pueda determinar los parámetros que deben usarse para la evaluación de la compactación. Si durante la construcción ocurren cambios apreciables en las características y condiciones de los materiales o se cambie de bancos de aprovisionamiento de los materiales o proporciones de mezcla o del material estabilizador, se debe efectuar un nuevo tramo de ensayo.

El material de subbase o base estabilizada con la compactación realmente aplicada, dentro de las tolerancias establecidas, debe llenar los requisitos de resistencia a la compresión no confinada estipulados en 307.06.

4.7.13.5. Curado

La subbase y/o base estabilizada con cemento debe ser cubierta con un sello de emulsión asfáltica grado SS-1 o CSS-1.

La emulsión asfáltica para el sello debe ser diluida y completamente mezclada con agua adicional a una razón de una parte de agua por cada parte de emulsión asfáltica. El agua adicionada debe ser de tal calidad que no cause separación prematura de la emulsión. El sello de emulsión asfáltica diluida debe aplicarse en una cantidad de 0,9 a 1,4 litros por metros cuadrados de superficie. La cantidad exacta debe ser determinada por el Delegado Residente.

El sello de curado debe ser aplicado el mismo día que se ejecutó la compactación final y tan pronto como sea posible después de terminada dicha compactación final se debe mantener húmeda la superficie hasta que se aplique el sello de curado.

Los daños que sufra el sello de curado o la subbase o base estabilizada con cemento deben ser reparados inmediatamente por el Contratista, a su costa y de acuerdo con las indicaciones dadas por el Delegado Residente. Se debe remover todo el material suelto existente en la superficie de la capa antes de colocar la siguiente capa del pavimento.

4.7.13.6. Juntas de construcción

Por razones del fraguado del cemento deben tratarse y construirse especialmente las juntas, debiéndose efectuar junta longitudinal, cuando por las condiciones del tránsito no puede construirse el ancho completo de la base estabilizada y junta transversal en la unión del final y principio de las operaciones

de cada día de trabajo. Estas juntas deben tratarse cortando verticalmente y tallando la orilla o bien usando formaletas de madera o metálicas.

Antes de iniciar las operaciones de cada capa adyacente, debe humedecerse la superficie de la junta para mejorar la adherencia entre las capas.

4.7.14. Requisitos para estabilización con material bituminoso

Cuando se requiera estabilizar con material bituminoso, se debe de cumplir con:

4.7.14.1. Cantidad de aplicación

La cantidad de material bituminoso que debe aplicarse debe ser indicada por orden escrita del Delegado Residente de conformidad con lo indicado en 307.09. La cantidad de emulsión asfáltica puede variar entre 4 y 8 % y al utilizar asfaltos rebajados, entre 3,5 a 7,5 % con respecto al peso seco del material a estabilizar, a menos que se indique de otra forma en las Disposiciones Especiales.

Cuando se utiliza el sistema de riegos, indicado en 4.7.14.2.1, cada aplicación no debe exceder de 2 litros o 0,53 galones por m².

4.7.14.2. Mezcla del material bituminoso

La mezcla del material a estabilizar y el estabilizador bituminoso puede ser hecha en carretera o en planta.

4.7.14.2.1. Aplicación y mezcla en la carretera por riegos

En el caso que las Disposiciones Especiales autoricen expresamente la mezcla en carretera, el espesor total de diseño de la capa de subbase o base estabilizada indicado en los planos deberá ser trabajado en capas no mayores de 150 mm, ni menores de dos veces el tamaño máximo del agregado. Cada capa se trabajará en dos o tres subcapas en un número acorde al espesor de la misma como se indica a continuación.

Cuando se usen emulsiones asfálticas como material estabilizador, la aplicación de esta debe ser efectuada después de que el material a estabilizar haya sido preparado con un contenido de humedad ligeramente mayor al requerido en el diseño de la mezcla. El material una vez humedecido será colocado en un camellón a un lado del área de trabajo.

Los materiales para estabilizar serán trabajados en las subcapas mencionadas anteriormente, extendiendo una parte del material del camellón colocado a un lado del área de trabajo y efectuando el riego a presión del material bituminoso con camión distribuidor a la temperatura que corresponda al tipo de estabilizador empleado en la fracción que corresponda según el número de subcapas que se vayan a trabajar.

En cada riego de material bituminoso la motoniveladora debe voltear completamente el material hasta que la mezcla sea uniforme, procediéndose a continuación a efectuar un nuevo riego hasta completar la dosificación requerida. Seguidamente se deberá extender la siguiente subcapa procediendo en la forma descrita anteriormente, hasta completar el espesor de la capa.

Completadas estas operaciones, se procederá a la mezcla del espesor completo de la capa hasta que dicha mezcla tenga una apariencia uniforme. El proceso de estabilización de cada capa deberá de ser completado incluyendo su compactación, antes de iniciar los trabajos correspondientes a la siguiente capa, si ese fuere el caso.

4.7.14.2.2. Aplicación y mezcla en la carretera por mezcladora móvil o estabilizadora

La aplicación del material bituminoso puede ser efectuada por medio de planta mezcladora móvil o máquina estabilizadora, equipadas con sistema acoplado de tanque alimentador de material bituminoso; efectuándose previamente, el esparcimiento del material en capas de espesor uniforme.

El espesor total de diseño de la capa de subbase o base estabilizada indicado en los planos deberá ser trabajado en capas no mayores de 150 mm, ni menores de dos veces el tamaño máximo del agregado. En este caso no se requerirá la mezcla de material bituminoso en subcapas.

4.7.14.2.3. Aplicación y mezcla en planta

El material bituminoso puede ser aplicado en planta, si así lo establece el procedimiento de estabilización determinado según 4.7.9 o lo autorice el Delegado Residente. La aplicación debe efectuarse utilizando máquina dosificadora y mezcladora estacionaria que tenga equipo para controlar de una manera exacta el peso o volumen del material que se introduzca en la mezcladora.

Los controles de alimentación del material a estabilizar, del material bituminoso y del agua, en el caso de utilizar emulsiones asfálticas, deben estar interconectados para asegurar una introducción uniforme de los mismos dentro de la mezcladora.

El material para estabilizar y el agua, si se utilizan emulsiones asfálticas, deben ser introducidos en la mezcladora antes que el material bituminoso. En este caso el contenido líquido total, emulsión asfáltica y agua debe ser ajustado de manera que a la hora de compactar, el mismo esté dentro del 2 % del contenido óptimo de humedad.

Al haber completado la aplicación de la proporción correspondiente de asfalto líquido o emulsión y agua, las partículas deben ser mezcladas hasta que queden uniformemente recubiertas. Sin embargo, la mezcla no deberá exceder de lo necesario para evitar el revestimiento de las partículas o la rotura prematura de la emulsión asfáltica en su caso.

El material ya mezclado debe ser transportado en camiones de volteo adecuados y ser colocado en camellones, montones o por medio de máquina esparcidora sobre la superficie de la capa inferior previamente preparada que corresponda.

4.7.14.2.4. Aireación

Cuando la fracción del material a estabilizar que pasa el tamiz 200 sea mayor de 2 %, se requerirá la aireación de la mezcla. Esto se podrá efectuar como parte del proceso de mezcla en carretera o previo al tendido y compactación de las mezclas elaboradas en planta.

Cuando se utilicen asfaltos rebajados, según el tipo y grado del material, debe airearse la mezcla hasta lograr la evaporación de por lo menos el 80 % de los solventes, antes de proceder a la conformación final y compactación de la mezcla. En este caso la mezcla puede dejarse depositada en la planta, en un lugar previamente aprobado o transportarse para la carretera hasta obtener la condición necesaria para su compactación.

El tiempo de aireación es variable según las características de los materiales y condiciones del clima, por lo que éste debe ser determinado previamente por medio de ensayos de laboratorio y de campo sometidos a la aprobación del Delegado Residente.

Las mezclas deberán de ser sometidas a un proceso de aireación moviendo lateralmente con la cuchilla de la motoniveladora los camellones del material estabilizado o usando cualquier otro método autorizado por el Delegado Residente.

En el caso de estabilización con emulsiones asfálticas, esto se deberá hacer hasta que el contenido de humedad total se haya reducido entre el 2 y el 5 % del usado durante la mezcla o que la emulsión empiece a romper, lo cual se evidencia por un notorio cambio de color de marrón a negro. En este momento se deberá comenzar en forma inmediata el proceso de compactación.

Cuando la fracción del material a estabilizar que pasa el tamiz 200 sea menor de 2 %, no se requerirá la aireación.

4.7.14.2.5. Tendido

Los materiales ya mezclados y aireados deben ser tendidos en capas no mayores de 150 mm, sobre la superficie subyacente previamente preparada y aceptada. Si el espesor total requerido de subbase o base estabilizada es mayor de 150 mm, debe ser tendido en dos o más capas no permitiéndose tender la capa siguiente antes de comprobar la compactación de la inmediata anterior.

El material de subbase o base estabilizada colocado y tendido debe corresponder en cantidad al espesor de capa indicado en los planos u ordenado por el Delegado Residente en el ancho total establecido en la sección típica de pavimentación, tomando en cuenta su reducción de volumen por la compactación. Cuando las condiciones de tránsito lo requieran, puede tenderse media sección.

4.7.14.2.6. Afinamiento y compactación

La superficie final de la capa de subbase o base estabilizada debe afinarse para ajustarse al espesor indicado en planos y a las alineaciones horizontal, vertical y secciones típicas de pavimentación. El nivel de la superficie ya compactada debe quedar dentro de las tolerancias establecidas en estas Especificaciones Generales, hasta lograr el 100 % de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180.

La compactación se deberá efectuar desde los lados hacia el centro en dirección paralela a la línea central de la carretera. La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia mediante el método AASHTO T 191. Con la aprobación escrita del Ingeniero pueden utilizarse otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

Cuando el espesor a compactar exceda de 300 mm, el material debe compactarse en dos o más capas nunca menores de 150 mm, permitiéndose ejecutar la compactación en media sección cuando el tránsito lo requiera.

Antes de iniciar las operaciones de construcción de la subbase o base estabilizada, el Contratista debe efectuar un tramo de ensayo con las condiciones, equipo, maquinaria y materiales que utilizará para este efecto en la obra, con el objeto de que el Delegado Residente pueda determinar los parámetros que deben usarse para la evaluación de la compactación.

Si durante la construcción ocurren cambios apreciables en las características y condiciones de los materiales o se cambie de bancos de aprovisionamiento de los materiales o proporciones de mezcla o del material estabilizador, se debe efectuar un nuevo tramo de ensayo.

El material de subbase o base estabilizada con la compactación realmente aplicada, dentro de las tolerancias establecidas, debe llenar los requisitos de estabilidad Marshall y pérdida de estabilidad por inmersión estipulados en 307.06.

4.7.14.2.7. Curado de la mezcla

Según el tipo y grado de material bituminoso utilizado la superficie de cada capa compactada debe dejarse descubierta durante un período de entre 2 y 5 días antes de proceder a la colocación de la siguiente capa.

Cuando sea necesario mantener el tránsito sobre la capa se deberá efectuar un riego de material secante consistente en una arena de río o arena

volcánica secas con una graduación de 100 % pasa tamiz 4,75 mm o No. 4 en una proporción de entre 3 y 5 kg/m².

4.7.15. Requisitos de estabilización con geomalla

- Las geomallas de polímeros sintéticos para terracerías, subbases y bases se suministrarán en rollos individuales atados mediante flejes y protegidos de posibles daños ocasionados por humedad, luz solar o cualquier otro tipo de contaminante.

- La identificación de cada rollo de geomallas de polímeros sintéticos para terracerías, subbases y bases se hará mediante la colocación de etiquetas en cada rollo con caracteres legibles e indelebles indicando por lo menos:
 - Nombre del producto.

 - Razón social, símbolo o marca del fabricante.

 - Tipo de fabricación de la geomalla.

 - Polímero o polímeros sintéticos de los que está fabricada la geomalla.

 - Número de lote.

 - Número de rollo.

 - Ancho y longitud del rollo.

- Leyenda “Hecho en Guatemala” o del país de origen
- Fecha de fabricación.

4.7.16. Estabilización con productos químicos orgánicos e inorgánicos

Cuando de conformidad con 4.7.4.7 se haya aprobado el uso de este tipo de estabilizadores en sustitución o como complemento de los productos estabilizadores pudiendo ser cal, cemento o materiales bituminosos, su uso estará regido por los mismos procedimientos, requerimientos y especificaciones de resistencia establecidos para los materiales estabilizados correspondientes a los productos estabilizadores que sustituyan o complementen.

Se admitirán modificaciones en los procedimientos de aplicación del producto estabilizador y mezclado cuando de acuerdo con las características de dicho producto estabilizador y de conformidad con las especificaciones del fabricante sea necesario aplicar técnicas especiales, las cuales deben de ser aprobadas por el Delegado Residente.

4.7.17. Consideraciones generales

- Inmediatamente antes de iniciar la construcción de la subbase o la base, la superficie sobre la que se colocará estará debidamente terminada dentro de líneas, niveles, sin irregularidades y tratados satisfactoriamente los baches que hubieran existido. No se permitirá su construcción sobre superficies que no hayan sido previamente aceptadas por la Supervisión.

- Si los acarreo de los materiales hasta el sitio de su utilización se hacen sobre la superficie donde se construirá la subbase o la base, el tránsito se distribuirá sobre todo el ancho de dicha superficie, evitando la concentración en ciertas áreas y por consecuencia, su deterioro.
- Se descargará el material sobre la subrasante o la subbase, según sea el caso, en cantidad prefijada por estación de 20 m, en tramos que no sean mayores a los que en un turno de trabajo se pueda tender, conformar y compactar el material. Si el tendido se realiza con extendedora, la descarga se hará directamente en su tolva.
- Se preparará el material extendiéndolo parcialmente e incorporándole el producto estabilizador y el agua necesaria para la compactación por medio de riegos y mezclados sucesivos, hasta alcanzar el contenido de agua adecuado y lograr su homogeneidad. Si el tendido se realiza con extendedora, la preparación del material se hará previamente a su transporte.

4.7.18. Requisitos de clima

Para todos los procedimientos de estabilización, no se permite efectuar aplicación de material estabilizador en la carretera ni el esparcimiento de la mezcla efectuada en planta. Cuando la temperatura sea menor de 10 °C, cuando esté lloviendo o cuando la humedad excesiva de los suelos altere la efectividad del material estabilizador o la uniformidad de la mezcla.

4.7.19. Equipo

El equipo que se utilice para la construcción de subbases o bases estabilizadas será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto o por la supervisión, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación o el que indique la Supervisión, conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del Contratista su selección.

Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que duren los trabajos y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Supervisión, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el Contratista corrija las deficiencias, lo remplace o sustituya al operador.

Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista.

4.7.19.1. Estabilizadoras

Autopropulsadas, capaces de mezclar uniformemente los materiales con el producto estabilizador y el agua que en su caso se requiera. Tendrán una cámara o tolva de mezclado provista de tornillo sinfín o de rotor con aspas y espreas para añadir el agua necesaria. El producto estabilizador cuando éste sea líquido. Contarán con dispositivos de ajuste para controlar el espesor y el ancho de la capa.

4.7.19.2. Motoconformadoras

Autopropulsadas, con cuchillas cuya longitud sea mayor de 3,65 m y con una distancia entre ejes mayor de 5,18 m.

4.7.19.3. Extendedoras

Autopropulsadas, capaces de esparcir y precompactar las capas de subbase o base con el ancho sección y espesor establecidos en el proyecto o por la supervisión. Estarán equipadas con los dispositivos necesarios para un adecuado tendido de la capa, como son: un enrasador o aditamento similar que pueda ajustarse automáticamente en el sentido transversal y proporcionar una textura lisa y uniforme, sin protuberancias o canalizaciones.

Así como una tolva receptora del material con capacidad para asegurar un tendido homogéneo equipada con un sistema de distribución mediante el cual se reparta el material uniformemente frente al enrasador; y sensores de control automático de niveles.

4.7.19.4. Compactadores

Autopropulsados, reversibles y provistos de petos limpiadores para evitar que el material se adhiera a los rodillos, en el caso de compactadores vibratorios, éstos estarán equipados con controles para modificar la amplitud y frecuencia de vibración. Pueden ser de 3 rodillos metálicos en 2 ejes o de 2 a 3 ejes con rodillos en tándem, con diámetro mínimo de 1 m o 40 plg en todos los casos.

4.7.20. Control de tránsito y mantenimiento

Durante el proceso de construcción se debe de velar siempre por el control de tránsito y el mantenimiento de la misma hasta que se aplique la estructura del pavimento.

4.7.20.1. Control de tránsito

Durante todas las operaciones de construcción de la subbase o base estabilizada, el Contratista debe de controlar el tránsito señalizando, dirigiendo y controlando la velocidad para evitar accidentes y deterioro del trabajo efectuado de acuerdo con lo estipulado en la sección 155.

4.7.20.2. Mantenimiento

El Contratista debe de mantener la subbase o base estabilizada, hasta que se coloque sobre ésta la capa inmediata superior de la estructura del pavimento. El mantenimiento incluye la limpieza y las correcciones de todos los desperfectos, baches, grietas, descascarados y laminaciones que se produzcan en la superficie.

4.7.21. Control de calidad, tolerancias y aceptación

El control de calidad de los materiales y el proceso de construcción debe llenar los requisitos estipulados en la sección 106.

4.7.21.1. Control de calidad en características de los materiales

El control de calidad en los materiales es muy importante para la realización de los proyectos, para ello se estipula:

4.7.21.1.1. Compresión no confinada

Se debe tomar una muestra para ensayo por cada 500 m³ de los primeros 5 000 m³ de mezcla de subbase o base estabilizada con cal o cemento colocada. Seguidamente, un ensayo por cada 1 000 m³ para mezcla en planta o en carretera o cuando cambien las características de los materiales.

4.7.21.1.2. Estabilidad Marshall

Se debe tomar una muestra para ensayo por cada 400 m³ de los primeros 4 000 m³ de mezcla de subbase o base estabilizada con material bituminoso colocada. Seguidamente, un ensayo por cada 800 m³ para mezcla en planta, en carretera o cuando cambien las características de los materiales.

4.7.21.1.3. Cal hidratada, cemento puzolanas y escorias de alto horno

El Contratista debe presentar certificado de calidad y resultado de ensayos de laboratorio de los productos que utiliza por cada 750 000 kg.

4.7.21.1.4. Material bituminoso

Se debe tomar una muestra según AASHTO T 40 por cada 100 000 galones, para controlar, si cumple con los requisitos especificados del tipo y grado correspondiente.

4.7.21.1.5. Agua

Se debe tomar una muestra para ensayo cada vez que se cambie de fuente de aprovisionamiento.

4.7.21.1.6. Contenido de material estabilizador

Se debe mantener un control constante durante el proceso de estabilización, que las cantidades de material estabilizador correspondan con la dosificación aprobada por el Delegado Residente conforme se establece en 4.7.9 y se deberán efectuar comprobaciones diarias o por tramo trabajado que la cantidad total de material estabilizador corresponda con el volumen total trabajado.

4.7.21.2. Tolerancias en las características de los materiales

Si los ensayos efectuados a los materiales que se utilizan en todo el proceso de construcción de la subbase o base estabilizada no llenan los valores especificados, para cada una de las características indicadas, según el caso para 4.7.3, 4.7.4, 4.7.5, 4.7.6 y 4.7.7; después de efectuar las verificaciones necesarias, si esta condición persiste en más del 25 % de los ensayos realizados,

el Contratista debe hacer las correcciones necesarias a su costo o el material será rechazado.

4.7.21.2.1. Geomalla

Para que las geomallas de polímeros sintéticos usadas para terracerías, subbases y bases sean aceptadas por la Supervisión, es necesario que cumplan con todos y cada uno de los requisitos de calidad indicados en esta Norma, según la clase de geomalla de polímeros sintéticos para terracerías, subbases y bases establecido en el proyecto.

Además, con el objeto de controlar la calidad de las geomallas de polímeros sintéticos para terracerías, subbases y bases, el Contratista realizará las pruebas necesarias obtenidas a partir del número de rollos de cada lote de una misma clase de geomalla establecido en la tabla 307-2 de esta Norma.

Se deben de seleccionar al azar conforme a Criterios Estadísticos de Muestreo para comprobar los requisitos de calidad establecidos en esta Norma entregando a la Supervisión los resultados en la forma que ésta indique.

Tabla XXIV. **Tabla 307-2 Número de rollos por seleccionar de cada lote de una misma clase de geomalla de polímeros sintéticos para terracerías, subbases y bases**

Número de rollos del lote	Rollos por seleccionar
1 a 200	1
201 a 500	2
501 a 1 000	3
1 001 o más	4

Fuente: Instituto mexicano del transporte. *N·CM·T·6·01·005/16*, p. 5.

En cualquier momento la Supervisión puede verificar que las geomallas de polímeros sintéticos para terracerías, subbases y bases cumplan con cualquiera de los requisitos de calidad establecidos en esta Norma, siendo motivo de rechazo el incumplimiento de cualquiera de ellos.

Además, para que un lote de rollos de una misma clase de geomalla de polímeros sintéticos para terracerías, subbases y bases sea aceptado es requisito indispensable entregar a la Supervisión un certificado de calidad emitido por el fabricante, que avale el cumplimiento de todos y cada uno de los requisitos de calidad establecidos en esta Norma, incluyendo los valores y resultados de las pruebas que les hayan sido efectuadas a las geomallas.

Esto por parte de un laboratorio debidamente acreditado o que esté reconocido por la Supervisión.

4.7.21.3. Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción

Para el control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción, se estipula:

4.7.21.3.1. Tolerancias en compactación

El Contratista debe de controlar por medio de ensayos de laboratorio y de campo la compactación que debe dar al material según el equipo de que dispone, para lograr la densidad especificada. Se establece una tolerancia en menos del 3 % respecto al porcentaje de compactación estipulado para cada tipo de estabilizador de que se trate, para la aceptación de la capa de base o subbase estabilizada.

Se deben efectuar ensayos representativos por cada 400 m² de cada una de las capas que se compacten.

Las densidades de campo no deben ser efectuadas a una distancia menor de 20 m en sentido longitudinal, sobre la superficie compactada que se está controlando a menos que se trate de áreas delimitadas para correcciones.

De preferencia el control de compactación se debe hacer entre las orillas interiores de la capa de subbase o base estabilizada a una distancia no menor de 1 metro del borde y siguiendo un orden alternado de derecha, centro e izquierda del eje.

4.7.21.3.2. Tolerancias de Superficie

No se aceptan irregularidades mayores de 15 mm en exceso de la cota de superficie ordenada para la subbase o base estabilizada. No se aceptan tolerancias en defecto a menos que el Contratista las llene a su costa con el material de la capa inmediata superior.

4.7.21.3.3. Tolerancias en la Deflexión

El Contratista debe de controlar la deflexión de la capa de subbase o base estabilizada de acuerdo con la carga e intensidad de tránsito de diseño del pavimento indicada en las Disposiciones Especiales. Debe utilizarse el método de la Viga Benkelman de conformidad con AASHTO T 256 u otro método equivalente aprobado por el Delegado Residente, a menos que lo indiquen de otra forma las Disposiciones Especiales.

El Contratista debe efectuar un ensayo de deflexión por cada 400 m² en la superficie de la capa de subbase o base estabilizada, previamente a su aceptación.

La deflexión máxima de la subbase estabilizada con cal, cemento o material bituminoso no debe ser mayor de 1,8 mm y para la base estabilizada con cal, cemento o material bituminoso no debe ser mayor de 1,3 mm, ambas con respecto a un punto dado a una distancia no mayor de 3,68 m en cualquier dirección. A menos que se establezca de otra manera en las Disposiciones Especiales.

De preferencia el ensayo de deflexión se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de derecha e izquierda del eje.

El Contratista debe contar con la maquinaria y equipo necesarios para efectuar este control con el método anteriormente indicado o el que corresponda según las Disposiciones Especiales.

4.7.21.3.4. Tolerancias en la aplicación del material estabilizador

Para efectos de pago solo se aceptan variaciones no mayores del 5 % de la cantidad ordenada para estabilizaciones con cal, cemento material bituminoso u otros productos químicos orgánicos e inorgánicos, aprobada por el Delegado Residente, según lo establecido en 307,09.

4.7.21.4. Aceptación

La aceptación de la capa de subbase o base estabilizada se debe efectuar hasta que ésta se encuentre en el ancho total indicado en las Secciones típicas de pavimentación, debidamente cubierta con la capa inmediata superior de la estructura del pavimento.

Durante el proceso de construcción de subbases o bases estabilizadas, el Contratista tomará las precauciones necesarias para evitar la contaminación del aire, los suelos, las aguas superficiales o subterráneas y la flora, conforme a lo señalado por la normativa nacional vigente.

No se permite que la capa de subbase o base estabilizada quede sin cubrir, en una longitud mayor de 2 km.

4.7.21.4.1. Líneas y niveles

Que el alineamiento perfil y sección de la subbase o la base estabilizada, cumplan con lo establecido en el proyecto con las tolerancias que se indican en la tabla 307-3 de esta Norma, para lo que se obtendrán los siguientes datos topográficos:

Tabla XXV. **Tabla 307-3. Tolerancias para líneas y niveles**

Característica	Tolerancia	
	Sub base ⁽¹⁾	Base
Ancho de la corona, del eje a la orilla	+5	
Nivel de la superficie en cada punto nivelado respecto al del proyecto.	±1,5	±1

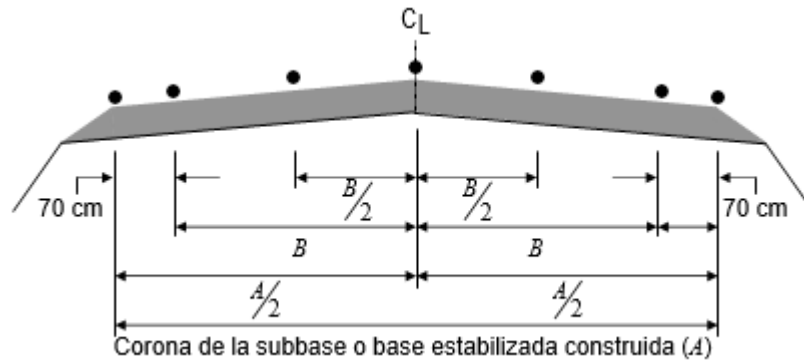
Fuente: Instituto mexicano del transporte. *N.CSV.CARR.4.02.005/03*. p. 11.

[NOTA] En el caso de subbases para pavimentos de concreto hidráulico cumplirán con las tolerancias para bases indicadas en esta tabla.

Previamente a la construcción de la subbase o la base estabilizada en las estaciones cerradas a cada 20 m, se nivelará la corona terminada de la copa inmediata inferior obteniendo los niveles en el eje y en ambos lados de este, en puntos ubicados a una distancia (B) igual al semiancho de la corona de la subbase o la base estabilizada (A/2), según sea el caso menos 70 cm, a la mitad

del espacio comprendido entre estos y el eje ($B/2$) y en las orillas de dicha corona, como se muestra en la figura 307-1 de esta Norma.

Figura 14. **Figura 307-1. Ubicación de los puntos por nivelar**



Fuente: Instituto mexicano del transporte N.CSV.CARR.4.02.005/03. *Ubicación de los puntos por nivelar*. p. 12.

Una vez compactada la subbase o la base se volverán a nivelar las mismas secciones que se indican en el inciso anterior, determinando las elevaciones de los mismos puntos ahí indicados y se medirán en cada sección.

Las distancias entre el eje y las orillas de la corona de la subbase o la base, según sea el caso para verificar que esos niveles y distancias estén dentro de las tolerancias que se indican en la tabla 307-3 de esta Norma.

Las nivelaciones se ejecutarán con nivel fijo y comprobación de vuelta, obteniendo los niveles con aproximación al milímetro. Las distancias horizontales se medirán con aproximación al centímetro.

4.7.22. Correcciones

Cuando sea necesario corregir la capa de subbase o base estabilizada por defectos de construcción o variaciones de diseño se debe proceder en la forma siguiente:

4.7.22.1. Correcciones por defectos de construcción imputables al contratista

Cuando sea necesario corregir áreas de la capa de subbase o base estabilizada por no cumplir con los requisitos de estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales dentro de las tolerancias establecidas, el Contratista, a su costa, debe eliminar el material en el área delimitada en el espesor total de capa correspondiente y sustituirlo por material estabilizado que llene estas Especificaciones Generales.

El material adyacente al área corregida debe permanecer llenando los requisitos de estas Especificaciones Generales.

4.7.22.2. Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de subbase o base estabilizada, por variaciones de diseño o causas no imputables al Contratista, el Delegado Residente debe delimitar el área afectada ordenando las correcciones necesarias, por cuyo trabajo se pagará al Contratista ya sea a los precios unitarios de contrato o en su defecto por medio de un Acuerdo de Trabajo Extra.

4.7.23. Medidas de mitigación de impacto ambiental

Durante el proceso de construcción de subbases o bases estabilizadas, el Contratista tomará las precauciones necesarias para evitar la contaminación del aire, los suelos, las aguas superficiales o subterráneas y la flora, sujetándose en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigente. Para ello es recomendable que la cal, el cemento o el agua, si se mezclan con los agregados en el lugar de preferencia se deberán de incorporar en forma de lechada.

4.7.24. Medida

Para la medida de los trabajos realizados se debe de considerar para la medición:

4.7.24.1. Capa de subbase y/o base estabilizada

La medida se debe hacer del número de metros cúbicos con aproximación de dos decimales, medidos ya compactados en su posición final, de capa de subbase o base estabilizada, realmente incorporados a la obra y aceptados dentro de las tolerancias establecidas de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

El volumen debe determinarse por procedimientos analíticos basándose en el espesor promedio efectivamente colocado, dentro de los límites y ancho indicados en las secciones típicas de pavimentación y alineaciones horizontal y vertical mostrados en los planos. La longitud debe medirse sobre la línea central de la carretera en proyección horizontal.

4.7.24.2. Material estabilizador

En ocasiones en que la calidad del suelo requiere mejorarse, se puede optar por las siguientes opciones para estabilizar el material.

4.7.24.2.1. Cal, cemento puzolanas y escorias de altos hornos

La medida de estos materiales estabilizadores se debe hacer del número de kilogramos, con aproximación de dos decimales ordenados, realmente incorporados a la obra y aceptados dentro de las tolerancias establecidas de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

4.7.24.2.2. Material bituminoso

La medida se debe hacer del número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América a la temperatura de 15,6 °C, con aproximación de dos decimales de material bituminoso para estabilización ordenados, realmente incorporados a la obra y aceptados dentro de las tolerancias establecidas de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

4.7.24.2.3. Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos

Para el caso de los estabilizadores suministrados en estado líquido la medida se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, suministrados en forma de concentrado sin diluir y para el caso de

los estabilizadores suministrados en estado sólido, la medida se debe hacer del número de kilogramos con aproximación de dos decimales.

En ambos casos, esta medida corresponderá a la cantidad de material estabilizador ordenada, realmente incorporada a la obra y aceptada dentro de las tolerancias establecidas de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

4.7.24.3. Materiales para curado

Las especificaciones generales para materiales para curado son:

4.7.24.3.1. Material bituminoso

Cuando se utilicen materiales bituminosos, la medida se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15,6 °C, con aproximación de dos decimales de material bituminoso para curado ordenados, realmente aplicados a la obra y aceptados dentro de las tolerancias y requisitos estipulados en la sección 551.

4.7.24.3.2. Otros materiales para curado

Cuando de conformidad con 4.7.8.1, se utilicen otros materiales impermeables para curado la medida se debe hacer, tal como se indique en las Disposiciones Especiales.

4.7.25. Pago

Las consideraciones para el pago son:

4.7.25.1. Capa de subbase o base estabilizada

El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos, medidos como se indica en 4.7.24.1. satisfactoriamente construidos como lo establecen estas Especificaciones Generales y debidamente cubiertos con la capa inmediata superior de la estructura del pavimento al precio unitario de contrato correspondiente a la Capa de Subbase Estabilizada 4.7.2.1. o Base Estabilizada 4.7.2.2.

4.7.25.2. material estabilizador

El método de pago para material estabilizador es:

4.7.25.2.1. Cal, cemento puzolanas y escorias de alto horno

El pago de estos materiales estabilizadores se debe hacer del número de kilogramos, medidos como se indica en 4.7.24.2.1. ordenados y realmente incorporados en la capa de subbase o base estabilizada, dentro de las tolerancias estipuladas en 4.7.21.2., como lo establecen estas Especificaciones Generales, a los precios unitarios de contrato correspondiente a Cal, Cemento Puzolanas o Escorias de Alto Horno según el caso.

4.7.25.2.2. Material bituminoso

El pago se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15,6 °C, medidos como se indica en 4.7.24.2.2. ordenados y realmente incorporados en la capa de subbase o base estabilizada dentro de las tolerancias estipuladas en 4.7.21.3.4., como lo establecen estas Especificaciones Generales, al precio unitario de contrato correspondiente a Material Bituminoso.

4.7.25.2.3. Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos

Para el caso de los estabilizadores suministrados en estado líquido el pago se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América y para el caso de los estabilizadores suministrados en estado sólido, el pago se debe hacer del número de kilogramos.

Ambos medidos como se indica en 4.7.25.2.3. ordenados y realmente incorporados en la capa de subbase o base estabilizada, dentro de las tolerancias estipuladas en, como lo establecen estas Especificaciones Generales, al precio unitario de contrato correspondiente a Estabilizadores Químicos Orgánicos e Inorgánicos.

4.7.25.3. Materiales para curado

A continuación, se detallan las especificaciones de los materiales para curado.

4.7.25.3.1. Material bituminoso

El pago se debe hacer por el número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15,6 °C, medidos como se indica en 4.7.25.2.2. ordenados y realmente aplicados sobre la capa de subbase o base estabilizada, dentro de las tolerancias estipuladas en la sección 551, como lo establecen estas Especificaciones Generales y al precio unitario de contrato correspondiente a Material Bituminoso para Curado.

4.7.25.3.2. Otros materiales para curado

El pago se debe hacer de conformidad con la medida indicada en 4.7.25.3.2. ordenados y realmente aplicados sobre la capa de subbase o base estabilizada, dentro de las tolerancias y demás requisitos que se establezcan en las Disposiciones Especiales y al precio unitario de contrato correspondiente a Otros Materiales para Curado.

Estos precios incluyen el trabajo estipulado en esta sección de conformidad con lo indicado en 110.02.

No se reconoce ningún pago adicional por todos los materiales que sea necesario utilizar, ya sea solos o combinados, para construir la capa de subbase o base estabilizada de conformidad con estas Especificaciones Generales, ni por el acarreo de los mismos.

No se reconoce pago adicional por el suministro acarreo y aplicación de agua en todas las operaciones de estabilización incluyendo el curado. Tampoco se reconocerá el pago por el suministro acarreo y aplicación de los acelerantes o los retardantes del fraguado; ni por las operaciones que sea necesario efectuar para la obtención y utilización de los materiales.

No se reconoce pago extra por la maquinaria, equipo y personal necesarios para efectuar el control de las deflexiones, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista. Todos estos gastos deben estar incluidos en los correspondientes precios unitarios de Contrato.

4.8. Sección 308: capa de base de suelo cemento

En esta sección se detallan los procedimientos y características de los materiales empleados para la capa de base de suelo cemento.

4.8.1. Descripción

Este trabajo consiste en la obtención y explotación de bancos; el cribado de piedra o grava, cuando sea necesario para formar un material clasificado; el transporte, apilamiento y almacenamiento del suelo a estabilizar; el aprovisionamiento, transporte, almacenamiento y aplicación del cemento.

La mezcla en planta o en carretera, según se indique en las Disposiciones Especiales; el transporte, colocación, tendido, conformación y compactación de la mezcla; el curado y la regulación del tránsito.

Así como el control de laboratorio durante todas las operaciones necesarias para construir base de suelo cemento en una o varias capas conforme

lo indicado en los planos, ajustándose a los alineamientos horizontal, vertical y secciones típicas de pavimentación, dentro de las tolerancias estipuladas, de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

4.8.2. Definición

A continuación, se describe la definición de base de suelo cemento.

4.8.2.1. Base de suelo cemento

Es la capa formada por la combinación de suelos selectos generalmente de origen volcánico compuestos por pómez o arenas de río, incluyendo gravas en estado natural existentes en dichos suelos y cemento hidráulico, preparada y construida aplicando técnicas de estabilización, para mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia.

Para constituir una base integrante de un pavimento destinado fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a la capa de subbase, la cual debe tener el ancho, espesores y proporciones indicadas en los planos y en las Disposiciones Especiales.

Ajustándose a los alineamientos, niveles y pendientes longitudinales y transversales determinadas en los planos.

Materiales

4.8.3. Requisitos para los suelos a estabilizar

El suelo ideal para una mezcla suelo-cemento debe cumplir con las

siguientes características para que dicha mezcla sea de buen funcionamiento y posea cantidades mínimas de cemento:

- Máximo agregado de arena 80 % siendo óptimo del 55 al 75 %
- Máximo agregado de limo 30 % siendo óptimo del 0 al 28 %
- Máximo agregado de arcilla 50 % siendo óptimo del 15 al 18 %
- Máximo agregado de materia orgánica 3 %

Debe pasar por un tamiz de 4,8 mm o #4

Los suelos para estabilizar deberán ser materiales seleccionados provenientes de bancos aprobados por el Delegado Residente para ser utilizados, ya sea en su estado natural o mezclando varios de ellos. Los suelos o la combinación de éstos que integren el material a estabilizar deben llenar los requisitos siguientes:

4.8.3.1. Plasticidad

El suelo para estabilizar debe tener un límite líquido no mayor de 40 y un índice plástico no mayor de 15.

4.8.3.2. Impurezas

El suelo para base de suelo de cemento debe estar exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa de base de suelo cemento puedan causar fallas en el pavimento.

4.8.3.3. Graduación

El tamaño máximo de las piedras que contenga el suelo a estabilizar no debe exceder de 50 mm. El material no debe tener más del 50 % en peso de partículas retenidas en el tamiz de 4,75 mm o N° 4 y hasta un 35 % de material que pase el tamiz de 75 μm o N° 200.

4.8.3.4. Peso

El material a estabilizar debe ser uniforme en calidad y densidad, y su peso unitario determinado según AASHTO T 19, no debe de ser menor de 1 040 kg/ m³ o 65 lb./pie³.

4.8.4. Requisitos para el cemento hidráulico y otros materiales

Preferentemente debe usarse Cemento Pórtland Ordinario Tipo I y II, Cemento Pórtland Modificado con Puzolanas tipo IPM, Cementos Pórtland Puzolánico tipo IP, Cementos Pórtland Modificado con Escorias de Alto Horno tipo ISM y Cemento de Escorias de Altos Hornos tipo IS.

Todos con una clase de resistencia de 28 N/mm² o mayor de conformidad con lo indicado en 551,04 (a). Adicionalmente, bajo las siguientes condiciones, se podrán también usar los siguientes materiales con el cemento:

4.8.4.1. Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos

Podrán usarse estabilizadores químicos u otros basados en resinas sintéticas en combinación con el cemento, como se indique en las Disposiciones

Especiales, en los planos o con autorización del Delegado Residente con la aprobación del Ingeniero.

El Delegado Residente debe requerir el certificado de calidad extendido por el fabricante o distribuidor, incluyendo los aspectos referentes a la dosificación, procedimientos de aplicación, resistencia y durabilidad del producto.

4.8.4.2. Aditivos Retardantes del Fraguado y Endurecimiento

Para las bases de suelo cemento, estos aditivos deben cumplir con los requisitos de 551.05 (b).

4.8.5. Requisitos para el agua

El agua para usar en las operaciones de estabilización debe ser clara, libre de aceites, sales, ácidos, álcalis, azúcar, materia vegetal y demás sustancias que puedan ser perjudiciales para la efectividad de la estabilización, según el tipo de producto estabilizador utilizado.

El agua debe llenar los requisitos de la norma AASHTO T 26. Si la fuente es de un sistema de abastecimiento de agua potable, puede ser utilizada sin necesidad de ensayo previo.

4.8.6. Requisitos para la mezcla del suelo cemento

A menos que las Disposiciones Especiales lo indiquen de otra forma, el suelo cemento debe llenar los requisitos siguientes:

4.8.6.1. Resistencia

La resistencia a compresión no confinada y resistencia a mojado y secado son parámetros importantes que se establecen a continuación.

4.8.6.1.1. Resistencia a compresión no confinada

El material de base de suelo cemento debe tener una resistencia mínima acorde al espesor de la capa, establecidos ambos en el diseño e indicados en los planos y en las Disposiciones Especiales.

Los valores obtenidos durante la construcción, determinados por los métodos ASTM D 1632 y D 1633 no podrán ser menores que los indicados en los planos ni de 3,50 MPa para la Base de Suelo Cemento.

4.8.6.1.2. Resistencia a mojado y secado

Los especímenes de suelo cemento, al someterse a 12 ciclos de humedecimiento y secado de conformidad con AASHTO T 135, no deben de tener una pérdida de peso mayor de 10 %, para la Base de Suelo Cemento.

4.8.6.1.3. Plasticidad

El material de Base de Suelo Cemento debe tener un índice de plasticidad determinado por el método AASHTO T 90, no mayor de 4.

4.8.7. Requisitos para materiales de curado

Deberán cumplir con todo lo establecido en 4.7.7.

Requisitos de construcción

4.8.8. Espesor de la base de suelo cemento estabilizada y método para determinarlo

Se deberá cumplir con todo lo establecido en 4.7.8.

4.8.9. Determinación del procedimiento de estabilización

Se deberá cumplir con todo lo establecido en 4.7.9.

4.8.10. Combinación de varios materiales a estabilizar

Se deberá cumplir con todo lo establecido en 4.7.10.

4.8.11. Selección de los materiales a estabilizar

Se deberá cumplir con todo lo establecido en 4.7.11., para llenar los requisitos establecidos en 4.8.6.

4.8.12. Requisitos para la estabilización de la capa de base de suelo cemento

Se debe cumplir con todos los requisitos establecidos en 4.7.13.

4.8.13. Uso de productos químicos orgánicos e inorgánicos

Cuando de conformidad con 4.8.4.1. se haya aprobado el uso de este tipo de estabilizadores como complemento del cemento, no se efectuará ninguna modificación a los requerimientos indicados en 4.8.6.

Se admitirán modificaciones en los procedimientos de aplicación del producto estabilizador y mezclado cuando de acuerdo con las características de dicho producto estabilizador y de conformidad con las especificaciones del fabricante sea necesario aplicar técnicas especiales, las cuales deben de ser aprobadas por el Delegado Residente.

4.8.14. Requisitos de clima

Se debe cumplir con todos los requisitos establecidos en 4.7.16.

4.8.15. Control de tránsito y mantenimiento

Se deberá cumplir con todo lo establecido en 4.7.22.

4.8.16. Control de calidad, tolerancias y aceptación

El control de calidad de los materiales y el proceso de construcción debe llenar los requisitos estipulados en la Sección 106.

4.8.16.1. Control de calidad en características de los materiales

Se deben de tener las siguientes consideraciones para el control de calidad de los materiales.

4.8.16.1.1. Compresión no confinada

Se debe tomar una muestra para ensayo por cada 500 m³ de los primeros 5 000 m³ de mezcla de Base de Suelo Cemento colocada. Seguidamente, un ensayo por cada 1 000 m³ para mezcla en planta o en carretera o cuando cambien las características de los materiales.

4.8.16.1.2. Cemento

El Contratista debe presentar certificado de calidad y resultado de ensayos de laboratorio de los productos que utiliza por cada 750 000 kg.

4.8.16.1.3. Agua

Se debe tomar una muestra para ensayo cada vez que se cambie de fuente de aprovisionamiento.

4.8.16.1.4. Contenido del Cemento

Se debe mantener un control constante durante el proceso de estabilización, que las cantidades de cemento correspondan con la dosificación aprobada por el Delegado Residente conforme se establece en 4.8.9 y se

deberán efectuar comprobaciones diarias o por tramo trabajado que la cantidad total de cemento corresponda con el volumen total trabajado.

4.8.16.2. Tolerancias en las características de los materiales

Si los ensayos efectuados a los materiales que se utilizan en todo el proceso de construcción de la base de suelo cemento, no llenan los valores especificados para cada una de las características indicadas, según 4.8.6.

Después de efectuar las verificaciones necesarias, si esta condición persiste en más del 25 % de los ensayos realizados, el Contratista debe hacer las correcciones necesarias a su costa o el material será rechazado.

4.8.16.3. Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción

Se deberá de cumplir con todos los requisitos establecidos en 4.7.21.2, exceptuando que se establece una tolerancia máxima en la Deflexión de la capa de suelo cemento de 1,5 mm.

4.8.16.4. Aceptación

Estará sujeta a que se cumpla con todo lo establecido en 4.7.24.2.

4.8.17. Correcciones

Cuando sea necesario corregir la capa de base de suelo cemento, por defectos de construcción o variaciones de diseño, se debe proceder en la forma indicada en 4.7.22.

4.8.18. Medida

Para la medición de los trabajos se debe de considerar:

4.8.18.1. Capa de base de suelo cemento

La medida se debe hacer del número de metros cúbicos con aproximación de dos decimales medidos ya compactados en su posición final, de capa de Base de Suelo Cemento, realmente incorporados a la obra y aceptados dentro de las tolerancias establecidas en 4.8.16 de acuerdo con estas Especificaciones Generales y las Disposiciones Especiales.

El volumen debe determinarse por procedimientos analíticos basándose en el espesor promedio efectivamente colocado y dentro de los límites y ancho indicados en las secciones típicas de pavimentación y alineaciones horizontal y vertical mostrados en los planos. La longitud debe medirse sobre la línea central de la carretera en proyección horizontal.

4.8.18.2. Cemento

La medida se debe hacer del número de kilogramos con aproximación de dos decimales, ordenados, realmente incorporados a la obra y aceptados dentro

de las tolerancias establecidas en 4.8.16 de acuerdo con estas Especificaciones Generales y las Disposiciones Especiales.

4.8.18.3. Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos

Para el caso de los estabilizadores suministrados en estado líquido, la medida se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, suministrados en forma de concentrado sin diluir y para el caso de los estabilizadores suministrados en estado sólido, la medida se debe hacer del número de kilogramos con aproximación de dos decimales.

En ambos casos, esta medida corresponderá a la cantidad de material estabilizador ordenada, realmente incorporada a la obra y aceptada dentro de las tolerancias establecidas de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

4.8.18.4. Materiales para curado

Las especificaciones para materiales de curado son:

4.8.18.4.1. Material bituminoso

Cuando se utilicen materiales bituminosos, la medida se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América a la temperatura de 15,6 °C con aproximación de dos decimales, de material bituminoso para curado, ordenados, realmente aplicados a la obra y aceptados dentro de las tolerancias y requisitos estipulados en la Sección 551.

4.8.18.4.2. Otros materiales para curado

Cuando de conformidad con 4.7.7.2, se utilicen otros materiales impermeables para curado, la medida se debe hacer, tal como se indique en las Disposiciones Especiales.

4.8.19. Pago

Se deben de tener las siguientes consideraciones para el cobro de los servicios.

4.8.19.1. Capa de base de suelo cemento

El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos, medidos como se indica en 4.8.18.1 satisfactoriamente construidos como lo establecen estas Especificaciones Generales y debidamente cubiertos con la capa inmediata superior de la estructura del pavimento, al precio unitario de contrato, correspondiente a la Capa de Base de Suelo Cemento.

4.8.19.2. Cemento

El pago del cemento se debe hacer del número de kilogramos, medidos como se indica en 4.8.18.2 ordenados y realmente incorporados en la capa de Base de Suelo Cemento, dentro de las tolerancias estipuladas en 4.8.16, como lo establecen estas Especificaciones Generales a los precios unitarios de contrato, correspondiente a Cemento.

4.8.19.3. Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos

Para el caso de los estabilizadores suministrados en estado líquido sin diluir, el pago se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América y para el caso de los estabilizadores suministrados en estado sólido, el pago se debe hacer del según el número de kilogramos.

Ambos medidos como se indica en 4.8.18.3 ordenados y realmente incorporados en la capa de base de suelo cemento dentro de las tolerancias estipuladas en 4.8.16, como lo establecen estas Especificaciones Generales, al precio unitario de contrato, correspondiente a Estabilizadores Químicos Orgánicos e Inorgánicos.

4.8.19.4. Materiales para curado

Se pueden utilizar para curado:

4.8.19.4.1. Material bituminoso

El pago se debe hacer por el número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15,6 °C medidos como se indica en 4.8.18.4.1 ordenados y realmente aplicados sobre la capa de Base de suelo cemento, dentro de las tolerancias estipuladas en la Sección 551, como lo establecen estas Especificaciones Generales y al precio unitario de contrato, correspondiente a Material Bituminoso para Curado.

4.8.19.4.2. Otros materiales para curado

El pago se debe hacer de conformidad con la medida indicada en 4.8.18.4.2, ordenados y realmente aplicados sobre la capa Base de suelo cemento dentro de las tolerancias y demás requisitos que se establezcan en las Disposiciones Especiales y al precio unitario de contrato, correspondiente a Otros Materiales para Curado.

Estos precios incluyen el trabajo estipulado en esta Sección de conformidad con lo indicado en 4.10.2.

No se reconoce ningún pago adicional por todos los materiales que sea necesario utilizar, ya sea solos o combinados, para construir la capa de Base de Suelo Cemento de conformidad con estas Especificaciones Generales, ni por el acarreo de los mismos.

No se reconoce pago adicional por el suministro, acarreo y aplicación de agua en todas las operaciones de estabilización incluyendo el curado.

No se reconocerá el pago por el suministro, acarreo y aplicación de los acelerantes o los retardantes del fraguado; ni por las operaciones que sea necesario efectuar para la obtención y utilización de los materiales.

Tampoco se reconoce pago extra por la maquinaria, equipo y personal necesarios para efectuar el control de las deflexiones, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista. Todos estos gastos deben estar incluidos en los correspondientes precios unitarios de Contrato.

4.9. Sección 309: capa de base negra

La capa de base negra está constituida de:

4.9.1. Descripción

Este trabajo consiste en la obtención y explotación de canteras y bancos; la trituración de piedra o grava, combinándolas con arena de río, polvo de trituración y material de relleno para formar un material clasificado.

El apilamiento y almacenamiento, acarreo del material a mezclar; el suministro, transporte, almacenamiento, calentamiento y aplicación del Cemento Asfáltico; el acarreo, colocación, tendido, conformación y compactación de la mezcla asfáltica; la regulación del tránsito; así como el control de laboratorio durante todas las operaciones necesarias, para construir una capa de Base Negra con material pétreo mezclado en planta.

Esta debe tener el ancho, espesores y proporciones indicadas en los planos y en las Disposiciones Especiales y ajustándose a los alineamientos horizontal, vertical y secciones típicas de pavimentación, dentro de las tolerancias estipuladas de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

4.9.2. Definición

- Base Negra. Es la capa de base, constituida de materiales granulares pétreos, recubiertos con Cemento Asfáltico, elaborada en planta en caliente con el objeto de mejorar sus condiciones de resistencia a la humedad y estabilidad, proporcionando una mejor distribución de las cargas de tránsito a las capas subyacentes de la estructura del pavimento.

Materiales

4.9.3. Requisitos para los materiales

A continuación, se detallan los requisitos necesarios para los materiales.

4.9.3.1. Granulometría

El material pétreo cumplirá con las características granulométricas que se establecen en la tabla 309-1 y se muestran en la figura 309-1 con los requisitos de calidad que se indican en la tabla 309-1 de esta Norma, en función de la intensidad del tránsito en términos del número de ejes equivalentes acumulados de 8,2 toneladas esperado durante la vida útil del pavimento (ΣL).

Tabla XXVI. **Tabla 309-1. Requisitos de granulometría del material pétreo para bases de mezcla asfáltica o bases negras**

Malla		Porcentaje que pasa	
Abertura mm	Designación	$\Sigma L \leq 10^6$ [1]	$\Sigma L > 10^6$ [1]
37,5	1½ plg	100	100
25	1 plg	90 – 100	90 - 100
19	¾ plg	76 – 100	76 - 100
9,5	¾ plg	42 – 100	42 - 100
4,75	Nº4	24 – 100	24-70
2	Nº10	10 – 90	10-27
0,85	Nº20	5 – 65	5-14
0,425	Nº40	4 – 47	4-10
0,25	Nº60	2 – 35	2-8

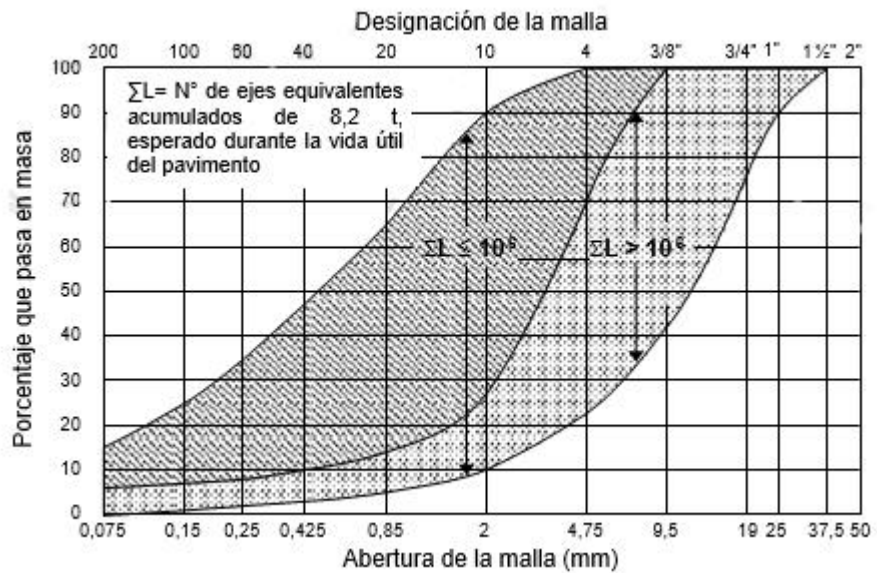
Continuación tabla XVII.

0,15	N°100	1 – 25	1-7
0,075	N°200	0 – 15	0 - 6

[1] ΣL = Número de ejes equivalentes acumulados de 8,2 t esperado durante la vida útil del pavimento

Fuente: Instituto mexicano del transporte. *N·CMT·4·02·003/4*. p. 7.

Figura 15. **Figura 309-1. Zonas granulométricas recomendables del material pétreo para bases de mezcla asfáltica o bases negras**



Fuente: Instituto mexicano del transporte. *N·CMT·4·02·003/4*. p. 7.

Tabla XXVII. **Tabla 309-2. Requisitos de calidad del material pétreo para bases de mezcla asfáltica (bases negras)**

Característica	Valor	
	%	
	$\Sigma L \leq 10^6$ [1]	$\Sigma L > 10^6$ [1]
Límite líquido [2], máximo	30	25
Índice plástico [2], máximo	6	6
Contenido de agua [2], máximo	1	1
Equivalente de arena [2], mínimo	40	50
Partículas alargadas y lajeadas [2], máximo	50	40
Desgaste Los Ángeles [2], máximo	30	30
Pérdida de estabilidad por inmersión en agua; máximo [2]	25	25

[1] ΣL = Número de ejes equivalentes acumulados de 8,2 t esperado durante la vida útil del pavimento

[2] Determinado mediante el procedimiento de prueba que corresponda.

Fuente: Instituto mexicano del transporte. *N-CMT-4-02-003/4*. p. 8.

- El tamaño máximo permisible del material pétreo no será mayor de 37,5 mm o 1½ plg ni de ⅔ del espesor de la capa de base asfáltica compacta.

- Cuando la base de mezcla asfáltica se diseñe de acuerdo con la intensidad del tránsito en términos del número de ejes equivalentes acumulados de 8,2 toneladas esperado durante la vida útil del pavimento (ΣL), cumplirá con los requisitos de calidad que se indican en la tabla 309-3 y con el porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VAM) indicado en la tabla 309-4 de esta Norma.

Tabla XXVIII. **Tabla 309-3. Requisitos de calidad para bases de mezcla asfáltica diseñadas mediante el método Marshall**

Características	Valor	
	$\Sigma L \leq 10^6$ [1]	$\Sigma L \leq 10^6$ [1]
Compactación; número de golpes en cada cara de la probeta	50	75
Estabilidad; N (lbf), mínimo	4 410 (990)	6 860 (1 540)
Flujo; mm (10^{-2} in)	2 – 4,5 (8 – 18)	2 – 4 (8 – 16)
Vacíos en la mezcla asfáltica (VMC); %	3 – 8	3 – 8

[1] ΣL = Número de ejes equivalentes acumulados de 8,2 t esperado durante la vida útil del pavimento.

Fuente: Instituto mexicano del transporte. *N·CMT·4·02·003/04*. p. 9.

Tabla XXIX. **Tabla 309-4. Vacíos en el agregado mineral (VAM) para bases de mezcla asfáltica diseñadas mediante el método Marshall**

Tamaño máximo del material pétreo utilizado en la mezcla		Vacíos en el agregado mineral (VAM)
mm	Designación	%, mínimo
4,75	N°4	18
6,3	¼ plg	17
9,5	⅜ plg	16
12,5	½ plg	15
19	¾ plg	14
25	1 plg	13
37,5	1½ plg	12

Fuente: Instituto mexicano del transporte. *N-CMT-4-02-003/04*. p.9.

4.9.3.2. Requisitos para el cemento asfáltico

El tipo, grado y especificación del cemento asfáltico a usar debe ser uno de los establecidos en la tabla 309-5, según lo indiquen las Disposiciones Especiales. Para el caso de asfaltos con graduación PG, el grado se indicará en las Disposiciones Especiales de acuerdo con el rango comprendido entre los promedios de las temperaturas máximas durante siete días o durante los siete días más calurosos del año y la temperatura mínima donde se localice el proyecto, pudiéndose fijar grados intermedios de la tabla siguiente.

Requisitos de construcción

4.9.4. Determinación del procedimiento de construcción

Previamente a la iniciación de los trabajos de construcción de Base Negra o cuando se cambien algunos de los materiales, el Contratista debe informar al Delegado Residente, el procedimiento, incluyendo maquinaria, equipo y materiales que utilizará para las operaciones de construcción de la Base Negra.

Principalmente en lo referente a la producción, acarreo, tendido y compactación de la mezcla asfáltica de acuerdo con las características de los materiales y los requisitos que establezcan las Disposiciones Especiales. El procedimiento debe determinar la localización de las plantas de producción de materiales, mezcla asfáltica, el tipo y grado del cemento asfáltico a utilizar de conformidad con las disposiciones especiales.

Así como la forma de su almacenamiento, calentamiento, la producción y preparación del material pétreo, incluyendo el material de relleno, las características de la planta de mezcla, ya sea fija o móvil; los resultados de los ensayos de laboratorio y la fórmula de trabajo; dentro de las tolerancias que se establecen en 4.9.16, así como los rangos de las temperaturas de mezcla y compactación acordes al tipo y grado del Cemento Asfáltico a usar.

Esto con el objetivo de poseer una mezcla que llene los requisitos de estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

Esta información debe presentarla el Contratista antes de iniciar la producción de mezcla con 15 días de anticipación como mínimo, para que el

Delegado Residente pueda hacer las verificaciones y rectificaciones que estime convenientes y aprobar la fórmula de trabajo, ordenando la cantidad de Cemento Asfáltico que se debe usar.

La aprobación del procedimiento de construcción, incluyendo maquinaria y equipo a utilizar no exime al Contratista de su responsabilidad de colocar una capa de Base Negra, que se ajuste a estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

4.9.5. producción del material pétreo

Previo a la explotación, clasificación y trituración del material debe efectuarse la limpia correspondiente en el banco, eliminando la vegetación, capa de materia orgánica, basura y arcilla que puedan contaminar el material pétreo. La trituración debe ser efectuada en planta, en circuito cerrado de repaso, evitando así la laminación del material.

La graduación del material debe lograrse en la planta de producción. Dicha planta debe estar acondicionada con un sistema de clasificación adecuado, con el número y tipo de zarandas necesarias para lograr la granulometría especificada.

El Contratista debe efectuar el control continuo de laboratorios sobre la calidad y características del material producido y efectuar las correcciones necesarias para obtener un agregado de conformidad con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

El material pétreo producido puede apilarse y almacenarse en el área de la planta o ser acarreado para apilarse y almacenarse en lugares

estratégicamente localizados, debiendo ajustarse a lo establecido en la Sección 313.

4.9.6. Preparación del material pétreo para mezcla en planta

El material inmediatamente antes de introducirlo en la planta mezcladora, debe ser secado y calentado a la temperatura establecida en la fórmula de trabajo, dentro de las tolerancias indicadas en 4.9.16.3.3 a menos que sea indicado en otra forma en las Disposiciones Especiales.

La temperatura máxima y variación de calentamiento debe de ser tal, que no produzca daño en los materiales. La temperatura del material pétreo puede ser mayor que la temperatura de aplicación del cemento asfáltico siempre que no se produzcan daños en este material.

El material debe ser tamizado y con la graduación especificada, separado en tolvas y de acuerdo con la fórmula de trabajo antes de introducirlo en la cámara mezcladora.

4.9.7. Preparación del cemento asfáltico

Para la correcta preparación del cemento asfáltico se debe de considerar:

4.9.7.1. Tanques de almacenamiento y equipo

El Contratista debe de contar con equipo de transporte, instalaciones adecuadas y tanques de almacenamiento con un sistema adecuado que permita mantener el contenido del tanque a una temperatura uniforme. Los tanques

deben estar localizados en lugares estratégicos de fácil acceso y protegidos contra incendio.

4.9.7.2. Calentamiento del cemento asfáltico

El equipo de calentamiento para la inyección a la mezcla debe tener la capacidad para calentar el material a utilizar a la temperatura especificada, sin dañarlo, debiendo tener un sistema circulante con serpentines, evitándose el contacto directo de las llamas del quemador con la superficie de estos, tubería o ductos por donde circula el cemento asfáltico. No se debe calentar el cemento asfáltico a temperaturas mayores de 170 °C.

Si la fórmula de trabajo requiere del uso de un aditivo antidesvestimiento líquido estable al calor, éste debe ser agregado dentro de las líneas de transferencia del cemento asfáltico en la terminal a granel o en la planta mezcladora. El aditivo debe ser inyectado durante por lo menos el 80 % del tiempo de transferencia o de mezclado para obtener una mezcla uniforme.

4.9.8. Mezcla

El rango de temperaturas a las que el material pétreo debe de mezclarse con el cemento asfáltico debe ser las que correspondan a una viscosidad cinemática del Cemento Asfáltico entre 0,15 y 0,19 Pa-s, siendo equivalentes a 150 y 190 cS, pero en ningún caso la temperatura de la mezcla a la salida de la planta deberá de exceder de 165°C o de la temperatura especificada en el diseño aprobado de la mezcla.

4.9.8.1. Requisitos para las plantas mezcladoras

Las plantas mezcladoras deben cumplir con lo especificado en AASHTO M 156 y con lo siguiente:

4.9.8.1.1. Capacidad e instalación

Las plantas mezcladoras deben ser de capacidad suficiente y estar de acuerdo con las operaciones correspondientes al procedimiento de construcción establecido o según se haya sido determinado en las Disposiciones Especiales.

Las instalaciones deben tener suficiente espacio para el almacenamiento y preparación del material pétreo y del Cemento Asfáltico. Los diversos tamaños de material pétreo deben mantenerse separados, hasta que sean transportados por el elevador en frío a la secadora. El espacio de las instalaciones debe de mantenerse limpio, ordenado y el almacenamiento de los materiales con fácil acceso para tomar muestras.

4.9.8.1.2. Secador

Las plantas de bachada deben tener secador con inclinación variable, colocado antes de las zarandas clasificadoras y con capacidad suficiente para secar una cantidad de material pétreo igual o mayor que la capacidad de producción de mezcla de la planta. A la salida del secador debe haber un termómetro indicador que registre automáticamente la temperatura del material pétreo.

Las plantas de producción continua deberán de tener un sistema eficiente de control de la humedad de los agregados para asegurar que se mantengan las

proporciones de mezcla constantes en unidades de peso seco a diferentes volúmenes de producción.

4.9.8.1.3. Zarandas

Las plantas de bachada deben de tener zarandas de capacidad y tamaño suficiente para proporcionar material pétreo, dentro de la graduación especificada.

4.9.8.1.4. Tolvas

Para almacenar el material pétreo éstas deben ser de tal capacidad que asegure la operación de la planta por lo menos durante 15 minutos sin alimentación a las mismas.

4.9.8.1.5. Dispositivos para dosificar

Que permitan medir las cantidades de material pétreo y cemento asfáltico por peso. Estos dispositivos deben permitir fácil ajuste en cualquier momento para adaptar el proporcionamiento a la fórmula de trabajo, dentro de las tolerancias establecidas.

4.9.8.1.6. Alimentación de combustible y aire

Esta alimentación deberá efectuarse en forma balanceada para asegurar una combustión completa y eficiente que elimine el riesgo de contaminación de la superficie de los agregados con combustible sin quemar y que afecte su

recubrimiento con cemento asfáltico o produzca excesivas emanaciones que contaminen el ambiente.

4.9.8.1.7. Colectores de polvo

Las plantas deberán estar equipadas con sistemas de recolección de polvo mecánicos, húmedos o mediante filtros, solos o en combinación que impidan la contaminación ambiental.

4.9.8.1.8. Silo de almacenamiento

Las plantas de producción continua que utilicen silos de almacenamiento deberán estar provistas de mecanismos que eviten la segregación de la mezcla y preferentemente deberán estar equipados para mantener la temperatura de la mezcla durante el período de almacenamiento.

4.9.8.1.9. Unidad mezcladora

Pueden ser del tipo de producción continua o por batchadas con dispositivo para el control del tiempo de mezclado. Cuando se requiera el uso de aditivos para el Cemento Asfáltico, las plantas deberán estar equipadas con los dispositivos que permitan mantener una dosificación adecuada de los mismos.

4.9.8.1.10. Básculas para pesar la mezcla producida

Si la medida y pago se efectúa por el sistema de peso de la mezcla, la planta debe contar con básculas para pesar los vehículos que acarrean la mezcla, con sensibilidad del 5 % respecto a la capacidad de la misma; el indicador debe

ser claro y visible para el control del peso y la báscula estar calibrada y aceptada por el Delegado Residente.

4.9.8.1.11. Requisitos de seguridad

En todos los lugares de acceso para control e inspección, debe proveerse escaleras con baranda metálica. Todos los engranajes, poleas, cadenas, ruedas dentadas y demás partes móviles deben ser eficientemente resguardadas y protegidas. El espacio destinado a la carga de camiones debe estar libre y protegido para permitir la circulación lateral.

Deben instalarse extinguidores contra incendio y proveer todos los dispositivos e instrucciones para evitar accidentes a los operadores de la planta. Deberá también equiparse la planta con fosas para contener cualquier posible derrame de combustible o Cemento Asfáltico.

4.9.8.2. Calibración de la planta

Previamente al suministro continuo de la mezcla, el Contratista debe proceder en presencia del Delegado Residente, a efectuar la calibración de la planta haciendo los ajustes de todas las operaciones para lograr una mezcla conforme a la fórmula de trabajo aprobada y dentro de las tolerancias establecidas en 4.9.16.3.3.

4.9.8.3. Requisitos de clima

No se permite el esparcimiento de la mezcla cuando esté lloviendo o cuando la humedad de la superficie a recubrir sea perjudicial y pueda ocasionar fallas en el pavimento.

4.9.9. Cantidad de cemento asfáltico

La cantidad de Cemento Asfáltico que debe aplicarse en la mezcla, tiene que ser indicada por orden escrita del Delegado Residente de acuerdo a los resultados de los ensayos de laboratorio y la fórmula de trabajo aprobada.

La cantidad de Cemento Asfáltico es variable, según las características de los materiales, entre un mínimo de 3 % y un máximo de 8 % en peso total de la mezcla, a menos que lo indiquen de otra forma las Disposiciones Especiales. La cantidad de aplicación debe mantenerse dentro de las tolerancias establecidas en la fórmula de trabajo y se debe comprobar por medio del ensayo AASHTO T 164.

4.9.10. Carga y transporte de la mezcla

Durante el proceso de carga de la mezcla se deberá evitar la segregación de los agregados debido a una excesiva altura de la compuerta de descarga respecto al camión de transporte o a una apertura parcial de las compuertas de descarga.

La carga de los camiones deberá ser distribuida uniformemente evitando la formación de un solo cono de material que permita el desplazamiento del agregado grueso hacia el frente y la parte posterior de la palangana de volteo para lo cual, de preferencia, las operaciones de carga se deberán efectuar en tres partes moviendo el camión hacia adelante y hacia atrás.

La mezcla debe ser transportada de la planta al lugar de su colocación, por medio de camiones de volteo con palanganas metálicas limpias y lisas, cubiertos

con lona u otro material que preserve la mezcla del polvo y la lluvia, disminuyendo la pérdida de temperatura durante el trayecto.

Para la limpieza de las palanganas no se deberán usar derivados del petróleo que puedan contaminar la mezcla. La palangana debe ser drenada antes de cargar la mezcla.

4.9.11. Preparación de la superficie

Antes de proceder a la colocación de la mezcla, se debe preparar la superficie y colocar un riego de liga de acuerdo con lo indicado en la Sección 408 cuando la capa inferior haya sido abierta al tránsito antes de ser cubierta con otra capa.

4.9.12. Colocación y tendido

La mezcla transportada a la carretera debe colocarse y tenderse con máquina pavimentadora autopropulsada especial para este trabajo que permita ajustar el espesor y el ancho, asegurando su esparcimiento uniforme en una sola operación, en un ancho no menor de 3 metros. El espesor de cada capa no debe ser mayor de 15 cm. La temperatura de colocación y tendido no deberá ser menor de 14 °C.

4.9.13. Compactación

La mezcla debe ser uniformemente compactada, hasta lograr el 98 % de compactación, respecto a la densidad máxima de laboratorio. La compactación de campo se debe comprobar de preferencia según el método nuclear ASTM D

2950. Con la aprobación del Delegado Residente se puede utilizar el método AASHTO T 230.

La compactación en campo se debe iniciar en cuanto la temperatura de la mezcla se lo permita al equipo de compactación, pero nunca a una temperatura menor de 140 °C. La compactación se deberá completar antes que la temperatura de la capa alcance los 85°C. Cuando el espesor de la Base Negra exceda de 15 cm la mezcla debe ser tendida y compactada en dos o más capas, nunca mayores de 15 cm.

La capacidad del equipo de compactación debe adecuarse al volumen de colocación de la mezcla de manera que las operaciones de compactación se completen en forma continua dentro del rango de temperatura establecido en la fórmula de trabajo de acuerdo con el tipo y grado del Cemento Asfáltico o como se indique en las Disposiciones Especiales.

4.9.14. Juntas

La construcción de los carriles de tráfico adyacentes debe completarse al mismo nivel, dentro de 24 horas. Si se dejan desniveles durante la noche y éstos son mayores de 50 mm se debe colocar la señalización correspondiente y si son mayores de 100 mm, se deben construir filetes con un talud de 3 h a 1 v.

Las juntas transversales con capas colocadas previamente deben ser verticales y del mismo espesor para lo cual a la finalización del trabajo diario, se deberá cortar la junta vertical y construir un filete para desvanecer el desnivel. Dicho filete deberá estar separado de la capa de Base Negra compactada mediante una regla de madera o papel de suficiente resistencia y espesor.

Al reiniciar los trabajos de colocación de Base Negra se procederá a remover el filete, a efectuar la limpieza de la cara de la junta y a aplicar un riego de liga en la misma de acuerdo con lo indicado en la Sección 408.

La mezcla capa de Base Negra debe ser colocada lo más continuo posible. No se debe pasar el rodillo sobre los extremos desprotegidos de la mezcla fresca recién colocada.

4.9.15. Trabajo nocturno

En adición a lo indicado en 155.09, el Contratista deberá instalar unidades de iluminación independientes de suficiente altura e intensidad que puedan ser movilizadas en el área de trabajo para cubrir las actividades que se realicen en la planta de mezclado, el área de carga de la mezcla, la zona de descarga, colocación de la misma y a todo lo largo del área de donde se efectúen los trabajos de compactación y texturizado. El Contratista también deberá instalar señales luminosas a lo largo de la zona de trabajo para prevenir a los usuarios.

4.9.16. Control de calidad, tolerancias y aceptación

El control de calidad de los materiales y el proceso de construcción debe llenar los requisitos estipulados en 4.6.5.

4.9.16.1. Control de calidad de los materiales

Para garantizar la calidad, se debe de considerar las siguientes características en los materiales.

4.9.16.1.1. Abrasión

En cada banco se debe efectuar tres ensayos del material en su estado original. Durante la producción se debe efectuar un ensayo por cada 2 000 m³ de material triturado hasta alcanzar los 10 000 m³ y seguidamente uno cada 10 000 m³ o cuando cambien las características del banco.

4.9.16.1.2. Caras fracturadas y partículas planas alargadas

Se debe efectuar un ensayo cada 100 m³ de los primeros 1 000 m³ producidos de cada banco y seguidamente uno por cada 5 000 m³.

4.9.16.1.3. Granulometría

Se debe efectuar un ensayo por cada 200 m³ de los primeros 1 000 m³ producidos y seguidamente un ensayo cada 400 m³.

4.9.16.1.4. Plasticidad y equivalente de arena

Se debe efectuar un ensayo cada 2 000 m³ de agregado producido.

4.9.16.1.5. Cemento asfáltico

Se debe tomar una muestra según AASHTO T 40 por cada 100 000 galones.

4.9.16.1.6. Mezcla asfáltica

El Contratista debe efectuar ensayos completos de las características volumétricas de la mezcla y ensayos de estabilidad Marshall cuando éste sea el método de diseño utilizado para determinar si llena los requisitos de los materiales de esta sección, incluyendo porcentaje de asfalto, por cada 400 m³ de mezcla colocada y compactada.

La condición anterior no excluye los controles de temperatura, proporciones de agregados mezclados y contenido de asfalto que se deberán verificar en forma continua en los indicadores de los dispositivos de control de la planta de producción del concreto asfáltico.

4.9.16.2. Tolerancias en las características de los materiales

Si los ensayos efectuados a los materiales que se utilicen en todo el proceso de construcción de la Base Negra no llenan los valores especificados para cada una de las características indicadas en 4.9.3; después de efectuadas las verificaciones necesarias y si esta condición persiste en más del 20 % de estos ensayos, el Contratista debe hacer las correcciones necesarias a su costa o el material será rechazado.

4.9.16.3. Tolerancias en los requisitos de construcción

Se deben considerar las siguientes tolerancias para los trabajos.

4.9.16.3.1. Compactación

Se establece una tolerancia de un 2 % en menos respecto al porcentaje de compactación estipulada en 309,12 para aceptación de capa de Base Negra. Se debe efectuar un ensayo representativo por cada 400 m² de base de cada una de las capas que se compacten.

Las densidades no deben ser efectuadas a una distancia menor de 20 m en sentido longitudinal sobre la superficie compactada que se está controlando, a menos que se trate de áreas delimitadas para corrección.

4.9.16.3.2. Superficie

La conformación de la superficie terminada de la capa de Base Negra debe ser verificada mediante la utilización de un cordel delgado, atado en ambos extremos a la punta de dos varillas de igual altura, cada una de las cuales se coloca directamente sobre trompos de construcción contiguos, transversal y longitudinalmente.

Posteriormente mediante el uso de regla graduada, se verifica si la altura del cordel es constante sobre la superficie de la base en sentido transversal y longitudinal. No se permiten irregularidades mayores de ± 5 mm.

4.9.16.3.3. Tolerancias en la fórmula de trabajo

La mezcla suministrada debe llenar los requisitos de la fórmula de trabajo, dentro de las tolerancias siguientes:

Tabla XXXI. **Tabla 309-3. Tolerancias en la fórmula de trabajo**

Requisitos de la fórmula de trabajo	Tolerancia en más o en menos
Agregado retenido en Tamiz N°4 o 4.750 mm	7 % en peso del material pétreo
Agregado retenido en Tamiz N°4 o 0.425 mm	5 % en peso del material pétreo
Agregado retenido en Tamiz N°200 o 0.075 mm	2 % en peso del material pétreo
Contenido de Cemento Asfáltico	0,5 % en peso de la mezcla total
Temperatura para mezclar y tender	5 °C

Fuente: Dirección General de Caminos. *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes*. p.309-9.

4.9.16.3.4. Espesor

El espesor de capa de Base Negra se debe verificar al efectuar cada ensayo de control de compactación según AASHTO T 230, a menos que se hayan autorizado métodos no destructivos, en cuyo caso se deben efectuar perforaciones cada 200 m para verificar el espesor. Se establece una tolerancia de $\pm 1,0$ cm.

El promedio aritmético de los espesores determinados cada kilómetro no debe diferir en más de 0,5 cm de el espesor estipulado en los planos.

4.9.16.3.5. Deflexión

El Contratista debe controlar por medio de la Viga Benkelman (método AASHTO T 256) o por la aplicación de otro método técnico, reconocido, aceptado profesionalmente y establecido en las Disposiciones Especiales, si la deflexión de la capa de Base Negra conformada y compactada, no sobrepasa el valor de deflexión máxima aceptable para dicha capa de acuerdo con la carga e intensidad de tránsito de diseño del pavimento, indicado en las Disposiciones Especiales.

El valor máximo de deflexión aceptable para la capa de Base Negra es de 1,0 mm o 0,04 plg respecto a un punto dado, a una distancia no mayor de 3,68 metros en cualquier dirección a menos que sea establecido de otra forma en las Disposiciones Especiales. El Contratista debe efectuar una prueba de campo para determinar la deflexión por cada 400 m, en la superficie de la capa de Base Negra compactada, previamente a su aceptación.

De preferencia la prueba de deflexión se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de: derecha e izquierda del eje.

El Contratista debe contar con la maquinaria y equipo necesarios para efectuar este control con el método AASHTO T 256 anteriormente indicado o el que corresponda según las Disposiciones Especiales.

4.9.16.3.6. Aceptación

La aceptación de la capa de Base Negra se debe efectuar hasta que ésta se encuentre debidamente compactada en el ancho total de la Base Negra indicada en las secciones típicas de pavimentación.

4.9.17. Correcciones

Cuando sea necesario corregir la capa de Base Negra por defectos de construcción o variaciones de diseño se procederá en la forma siguiente:

4.9.17.1. Correcciones por defectos de construcción o causas imputables al contratista. defectos en la superficie, espesor deficiente, baches, grietas, segregación y laminación

El área previamente delimitada por el Delegado Residente debe excavarse en forma rectangular y con paredes verticales en el espesor total de la capa, colocar un riego de liga en el fondo expuesto y en las paredes de los bordes laterales y sustituirse por una mezcla que esté dentro de especificaciones.

Después de sustituir el material, se debe compactar de nuevo hasta que el área delimitada y la superficie adyacente cumplan con los requisitos de estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

4.9.17.2. Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista

Cuando sea necesario efectuar correcciones de la capa de Base Negra por variaciones de diseño o causas no imputables al Contratista, el Delegado Residente debe delimitar el área afectada, ordenando las correcciones necesarias, por cuyo trabajo se debe pagar al Contratista a los precios unitarios de contrato o en su defecto, por medio de un Acuerdo de Trabajo Extra.

4.9.18. Medida

Para efectos de medición, tomar en cuenta:

4.9.18.1. Capa de base negra por volumen

La medida se debe hacer del número de metros cúbicos de capa de Base Negra con aproximación de dos decimales, medidos ya compactados en su posición final en la carretera, satisfactoriamente contruidos y aceptados de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

El volumen se debe determinar por procedimientos analíticos, dentro de los límites y dimensiones indicados en las secciones típicas de pavimentación y de acuerdo con los alineamientos horizontal y vertical mostrados en los planos. La longitud debe medirse sobre la línea central de la carretera en proyección horizontal.

4.9.18.2. Capa de base negra por peso

Salvo que en las Disposiciones Especiales se establezca de otra forma, la medida se debe hacer del número de toneladas de 2 000 libras o 907,18 Kg con aproximación de dos decimales de Capa de Base Negra, satisfactoriamente construida, colocada dentro de los límites de la sección típica de pavimentación o conforme lo autorice el Delegado Residente y aceptada de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

El peso se debe determinar por medio de básculas que llenen los requisitos estipulados en 4.9.8.1.10, debiéndose efectuar cada medida del peso neto de la mezcla en presencia del Inspector que controla el peso por parte de la Supervisora, quien debe firmar el vale correspondiente, comprobándose la colocación y aceptación en la carretera, con la firma del Inspector de campo de la misma Supervisora.

El Delegado Residente debe llevar un control diario del número de toneladas producidas, aceptadas y rechazadas que corresponden a cada tramo y efectuar las deducciones por rechazos posteriores.

No se debe hacer ninguna deducción por el peso del cemento asfáltico contenido en la mezcla.

4.9.18.3. Cemento asfáltico

La medida se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América a la temperatura de 15,6 °C con aproximación de dos decimales de Cemento Asfáltico para Base Negra, ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados dentro de las tolerancias establecidas y de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

La medida del Cemento Asfáltico se debe determinar por diferencia de lecturas del indicador de la mezcladora en la planta de conformidad con la cantidad ordenada y temperatura real de aplicación.

La cantidad realmente aplicada en cada tramo se debe comprobar por medio de ensayos de extracción para determinar el contenido de bitumen en la

mezcla, según AASHTO T 164, con aprobación escrita del Ingeniero. Pueden usarse otros métodos técnicos para el ensayo del contenido de bitumen en la mezcla.

4.9.18.4. Control de calidad por desempeño

En el caso de la capa de base no se deberá superar un valor de IRI de 3,8 m/km, analizado por sectores homogéneos de longitudes no menores a 500 metros. Pueden existir excepciones en tramos con una sinuosidad alta.

Deflectómetro de impacto: en caso de utilizar ensayos no destructivos para la capa de subbase no se deberá superar una deflexión mayor a 1,5 mm y se deberá obtener un módulo de superficie mayor a 80 MPa, en el caso de la base no se deberá superar una deflexión mayor a 1,3 mm y un módulo de superficie mayor a 100 MPa.

Las mediciones se deberán realizar a una frecuencia de ensayo de 50 metros en forma alterna en longitudes menores a 3 km y a una frecuencia de ensayo de 100 metros en forma alterna en longitudes mayores a 3 km.

Se podrá aplicar la técnica del georradar para definir los espesores de las capas de subbase y base. Los valores analizados por sectores homogéneos no menores a 300 metros deberán contar con un coeficiente de variación menor al 30 %.

4.9.19. Pago

Las especificaciones y procedimientos para el pago de los trabajos realizados son:

4.9.19.1. Capa de base negra por volumen

El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica en 4.9.18.1 satisfactoriamente construidos como lo establecen los planos, estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al precio unitario de contrato correspondiente a Capa de Base Negra.

4.9.19.2. Capa de base negra por peso

Cuando las Disposiciones Especiales así lo estipulen expresamente, el pago se debe hacer por el número de toneladas medidas como se indica en 309.18 (b), satisfactoriamente construidas y aceptadas como lo establecen los planos, Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al precio unitario de contrato correspondiente a Capa de Base Negra.

4.9.19.3. Cemento asfáltico

El pago se debe hacer por el número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, medidos como se indica en 4.9.18.3, ordenados y satisfactoriamente aplicados dentro de las tolerancias establecidas en 4.9.16.3.3 y de acuerdo con los planos, estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al precio unitario de contrato, correspondiente a Cemento Asfáltico para Capa de Base Negra.

Estos precios incluyen el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 4.10.2.

No se reconoce ningún pago adicional por el suministro de todos los materiales, incluyendo el agua, aditivos del Cemento Asfáltico, material de

relleno, ni por el acarreo de materiales y mezcla asfáltica, ni por las operaciones necesarias para la obtención y utilización, apilamiento y almacenamiento del material pétreo.

No se reconoce pago adicional por la maquinaria, equipo y personal necesarios para efectuar el control de laboratorio, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista. Todos estos gastos y los demás implícitos para ejecutar el trabajo deben estar incluidos en los precios unitarios correspondientes a esta Sección.

4.10. Sección 310: recuperación y estabilización del pavimento existente

El proceso de recuperación y estabilización del pavimento existente se rige de acuerdo con:

4.10.1. Definición

Es la capa de subbase, base o capa de rodadura obtenida de la recuperación y estabilización de la capa de rodadura y de la base del pavimento existente en combinación con material de aporte si así se establece en las Disposiciones Especiales, la cual debe tener el ancho, profundidades, espesores y proporciones indicadas en los planos, ajustándose a los alineamientos, niveles, pendientes longitudinales y transversales determinadas en los planos.

4.10.2. Descripción

Este trabajo consiste en la pulverización, homogeneización, humedecimiento, estabilización, conformación y compactación del material recuperado. Este trabajo también incluye el suministro, transporte, colocación del

material de aporte y materiales estabilizadores conforme se establezca en las Disposiciones Especiales.

Requisitos de los materiales

4.10.3. Materiales

El Contratista será el responsable de someter el material recuperado de la carpeta asfáltica a los tratamientos establecidos en el proyecto o por la Supervisión.

Si dados los requerimientos de la obra, es necesario modificar las características de los materiales recuperados o de los materiales asfálticos nuevos, utilizando aditivos, éstos estarán establecidos en el proyecto o serán aprobados por la Secretaría

Si el Contratista propone la utilización de estos aditivos, lo hará mediante un estudio técnico que los justifique, sometiéndolo a la consideración de la Supervisión para su análisis y aprobación. Dicho estudio ha de contener como mínimo, las especificaciones y los resultados de las pruebas de calidad, así como los procedimientos para su manejo, uso y aplicación.

4.10.3.1. Material de aporte

El material de aporte deberá cumplir con los requisitos establecidos en las Secciones 303, 304 o 305, según corresponda y como se establezca en las Disposiciones Especiales.

4.10.3.2. Materiales a estabilizar

Los materiales obtenidos de la recuperación del pavimento existente, en su estado original o combinados con material de aporte, deben cumplir con lo establecido en 4.7.3

4.10.3.3. Materiales estabilizadores

Los materiales estabilizadores según el procedimiento establecido en las Disposiciones Especiales o en los planos deben cumplir con los requerimientos establecidos en 4.7.4.

4.10.3.4. Mezcla del material recuperado con el de aporte.

El Contratista debe dimensionar, graduar el material de aporte y combinarlo en forma homogénea con los materiales estabilizadores y con el material recuperado, en las proporciones indicadas en los planos o en las Disposiciones Especiales, de conformidad con la aprobación del Delegado Residente con autorización del Ingeniero. La mezcla debe cumplir con todos los requisitos correspondientes a 4.7.3. a menos que en las Disposiciones Especiales se establezca de otra manera.

4.10.3.5. Agua

El agua debe cumplir con lo establecido en 4.7.5.

4.10.3.6. Material estabilizado

Debe cumplir con lo establecido en 4.7.6.

4.10.3.7. Materiales de curado

Deben cumplir con lo establecido en 4.7.7.

No se aceptará el suministro y utilización de materiales que no cumplan con lo indicado en las fracciones anteriormente descritas de esta Norma, ni aun en el supuesto de que serán mejorados posteriormente en el lugar de su utilización por el Contratista en el caso de materiales nuevos.

Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, los materiales presentan deficiencias respecto a las características establecidas como se indica anteriormente, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el Contratista, por su cuenta y costo, corrija las deficiencias o reemplace los materiales nuevos por otros adecuados.

Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista.

4.10.4. Equipo

El equipo que se utilice será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto o señalada por la Supervisión, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación o el que indique la Supervisión, conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del Contratista.

Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que duren los trabajos y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Supervisión, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo hasta que el Contratista corrija las deficiencias, lo remplace o sustituya al operador.

Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista.

4.10.4.1. Equipo de recuperación

- (a.1) El equipo para la recuperación será autopropulsado y estará equipado con las unidades necesarias específicamente diseñadas para calentar y disgregar la carpeta asfáltica, mezclar los materiales recuperados y extenderlos. Podrá ajustarse para trabajar en un ancho mínimo de 3,50 m, dejando una superficie uniforme.
- (a.2) La unidad de calor estará equipada con elementos radiantes con control de temperatura o flama para poder calentar la superficie de la carpeta de manera homogénea, capaces de proporcionar el suficiente calor a una tasa mínima de 2 930 watts o 10 000 BTU/h. La cámara de combustión, en su caso, tendrá el aislamiento suficiente para proporcionar la máxima protección a las estructuras adyacentes. No se permitirá el uso de equipos con escape de flama abierta.
- (a.3) El dispositivo para el recorte de la carpeta será capaz de controlar la profundidad del corte establecida ya sea en el proyecto, la Supervisión o capaz de generar un plano de corte geoméricamente igual al de proyecto.

Podrá estar formado por dientes con puntas de carburo, distribuidos entre sí a una distancia no mayor de 2,5 cm centro a centro sobre una cremallera múltiple o bien montados en un rodillo giratorio controlado por el operador, en cantidad tal que produzcan un patrón de corte con espaciamiento no mayor de 1,6 cm o $\frac{5}{8}$ plg.

- (a.4) El equipo de recuperación contará con baterías de calentamiento, dispositivo para la reducción del material recuperado a los tamaños especificados, tolva para recepción de material de aportación; dispositivos para la incorporación de cemento asfáltico o aditivos; mezclador, extendedor y enrasador de material; sensores de control automático de niveles así como con un precompactador.

4.10.4.2. Compactadores

A continuación, se dan las características que los distintos compactadores deben de cumplir.

4.10.4.2.1. Compactadores de rodillos metálicos

Autopropulsados, reversibles y provistos de petos limpiadores para evitar que el material se adhiera a los rodillos. En el caso de compactadores vibratorios, éstos estarán equipados con controles para modificar la amplitud y frecuencia de vibración. Pueden ser de tres rodillos metálicos en dos ejes, dos o tres ejes con rodillos en tándem con diámetro mínimo de 1 metro o 40 plg, en todos los casos.

4.10.4.2.2. Compactadores neumáticos

Autopropulsadas o remolcadas. Tendrán una escoba rotatoria con el tipo de cerdas adecuado según el material por remover y la superficie por barrer.

4.10.4.2.3. Barredoras mecánicas

Autopropulsadas o remolcadas. Tendrán una escoba rotatoria con el tipo de cerdas adecuado según el material por remover y la superficie por barrer.

Requisitos de construcción

4.10.5. Determinación del procedimiento de estabilización

El Contratista debe someter para conocimiento del Delegado Residente, el procedimiento y la dosificación propuestas para la estabilización de acuerdo con las resistencias requeridas, las características de los materiales y el sistema de estabilización que se establezca en las Disposiciones Especiales. El procedimiento debe incluir los resultados de los ensayos de laboratorio correspondientes.

Esta información debe presentarla el Contratista con 15 días de anticipación como mínimo, para que el Delegado Residente pueda hacer las verificaciones que estime convenientes para su aprobación correspondiente.

4.10.6. Selección de los bancos para material de aporte

La selección de los bancos del material de aporte se efectuará conforme se establece en las secciones 303, 304 o 305, según corresponda. La aprobación

de estos bancos de materiales no exime al Contratista de su responsabilidad de colocar una capa estabilizada de recuperación del pavimento existente que se ajuste a estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

4.10.7. Escarificación, pulverización y estabilización del pavimento existente

El Contratista debe escarificar, pulverizar y estabilizar el pavimento existente, en combinación con el material de aporte, si así estuviese especificado, hasta la profundidad y espesores indicados en los planos o autorizados por el Delegado Residente, utilizando los procedimientos descritos en 4.6.3., 4.6.4., 4.6.5., 4.6.6. y cumpliendo con lo establecido en 4.7.8. y 4.7.9., en lo que le sea aplicable.

4.10.8. Conformación y compactación

- (a) Salvo que el proyecto o la Supervisión indiquen otra cosa, las bases asfálticas serán compactadas como mínimo al 95 % de su masa volumétrica máxima, determinada en cada caso de acuerdo con los métodos de prueba que fije la Supervisión.
- (b) La capa extendida se compactará lo necesario para lograr que cumpla con las características indicadas en el proyecto o aprobadas por la Supervisión. Esto se hará longitudinalmente a la carretera, de las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada.

- (c) El uso de compactadores vibratorios sólo se permitirá para la compactación de capas mayores de 4 cm de espesor.
- (d) La determinación de la densidad máxima, debe efectuarse por cada 3 000 m³ de material de capa estabilizada de recuperación del pavimento existente con el material de aporte ya incorporado.
- (e) La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia mediante el método AASHTO T 191. Con la aprobación escrita del Ingeniero, pueden utilizarse otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.
- (f) El material de capa estabilizada de recuperación del pavimento existente con la compactación realmente aplicada, dentro de las tolerancias establecidas, debe llenar los requisitos establecidos en 307.06, según le corresponda de conformidad con los planos y Disposiciones Especiales.
- (g) Cuando el espesor de la capa a compactar, exceda de 300 mm, el material debe ser conformado y compactado en dos o más capas nunca menores de 100 mm.
- (h) Antes de iniciar las operaciones de construcción de capa estabilizada de recuperación del pavimento existente, en forma continua, el Contratista debe efectuar un tramo de prueba en el ancho total de la misma, indicado en las secciones típicas de pavimentación, con las condiciones, maquinaria y equipo que utilizará para este efecto en la obra.

- (I) Esto con el objeto de que el Delegado Residente pueda determinar si el procedimiento y el equipo utilizado son los adecuados para alcanzar el porcentaje de compactación especificado. Si durante la construcción ocurren cambios apreciables en las características y condiciones de los materiales o se cambie de banco de aprovisionamiento del material de aporte, se debe efectuar un nuevo tramo de prueba.
- (j) Si los resultados del tramo de prueba son satisfactorios para el Delegado Residente, la determinación de la densidad máxima puede efectuarse por cada 10 000 m³ de material de capa estabilizada de recuperación del pavimento existente, siempre que la compactación se efectúe en idénticas condiciones que en el tramo de prueba.

Por ningún motivo se estacionará el equipo de compactación, por periodos prolongados, sobre la capa recién compactada, para evitar que se produzcan deformaciones permanentes en la superficie terminada.

4.10.9. Requisitos para estabilización con cal y cal con otros estabilizadores: puzolanas o escorias de alto horno

Se deberá cumplir con lo establecido en 4.7.12,4.7.12.3.1,4.7.5,4.7.6.

4.10.10. Requisitos para estabilización con cemento hidráulico o con mezclas de cemento hidráulico y otros estabilizadores: cal, puzolanas, y escorias de alto horno

Se deberá cumplir con lo establecido en 7.13.1,7.13.2.1,7.13.4,7.13.5 y 7.13.6.

4.10.11. Requisitos para estabilización con material bituminoso

Se deberá cumplir con lo establecido en 7.14.1, 7.14.2.1, 7.14.2.2. para las mezclas en carretera, 7.14.3. y 7.14.5.

4.10.12. Estabilización con productos químicos orgánicos e inorgánicos

Se debe cumplir con lo establecido en 4.7.16.

4.10.13. Requisitos de clima

Se debe cumplir con lo establecido en 4.7.18 para mezclas en carretera.

4.10.14. Acabado

- (a) Durante el recorte de la carpeta asfáltica se evitará, siempre que sea posible, que los residuos resultantes se depositen en los acotamientos, los carriles abiertos al tránsito, las cunetas o cualquier tipo de obra de drenaje. Los residuos serán removidos de la superficie del pavimento antes de que éstos sean esparcidos por la acción del tránsito o del viento.
- (b) La superficie de la capa terminada, quedará limpia y presentará una textura y acabado uniformes en todo el ancho de la calzada o la corona, según sea el caso.
- (c) Una vez concluida la compactación de la última capa tendida, en todo el ancho de la calzada o la corona, según sea el caso, se formará un chaflán en las orillas, cuya base será igual a 1,5 veces el espesor de la

capa, compactándolo con el equipo adecuado. Para ello se utilizará mezcla asfáltica adicional de las mismas características, colocándola inmediatamente después del tendido o bien directamente con las pavimentadoras si están equipadas para hacerlo.

- (d) Al final de la jornada, las zonas de almacenamiento temporal quedarán libres de cualquier residuo, desperdicio o material extraídos durante el proceso de recorte que contaminen el entorno, depositándolos en el sitio o banco de desperdicios que apruebe la Supervisión.

4.10.15. Control de tránsito y mantenimiento

Se debe cumplir con lo establecido en 4.7.19.

4.10.16. Control de calidad, tolerancias y aceptación

Además de lo establecido anteriormente en esta Norma, para que la recuperación de carpetas asfálticas se considere terminada y sea aceptada por la Supervisión, con base en el control de calidad que ejecute el Contratista de Obra, mismo que podrá ser verificado por la Supervisión cuando lo juzgue conveniente, se comprobará:

4.10.16.1. Calidad de la mezcla asfáltica

- (1) Que el material recuperado, así como los materiales pétreos nuevos, los materiales asfálticos y los aditivos utilizados en la mezcla asfáltica, hayan cumplido con las características establecidas para los materiales de esta Norma.

- (2) Que las características de la mezcla asfáltica hayan cumplido con las establecidas en el proyecto o aprobadas por la Supervisión.

4.10.16.2. Líneas y pendientes

Que el alineamiento, perfil y sección de la mezcla tendida y compactada, cumplan con lo establecido en el proyecto o con lo aprobado por la Secretaría con las tolerancias que se indican en esta Fracción, como sigue:

- (1) Una vez concluida la compactación, en las estaciones cerradas a cada 20 metros, se nivelará la superficie, obteniendo los niveles en el eje y en ambos lados de éste en puntos ubicados a una distancia (B) igual al semiancho de la corona de la carpeta ($A/2$) menos 70 cm, a la mitad del espacio comprendido entre éstos y el eje ($B/2$) y en las orillas de la carpeta, como se muestra en la figura 310-1 de esta Norma.

Sin considerar las ampliaciones en curvas, ni los carriles de aceleración o desaceleración, las ampliaciones en paraderos o las cuñas de transición en entronques a nivel. Cuando existan estos elementos, en las mismas secciones a cada 20 metros de los carriles principales, adicionalmente se nivelarán los puntos en sus orillas y se medirán, en cada sección, las distancias entre el eje y las orillas de la corona para verificar que esas pendientes y distancias estén dentro de las tolerancias que se indican en la tabla 310-1 de esta Norma.

Figura 16. **Figura 310-1. Ubicación de los puntos por nivelar**

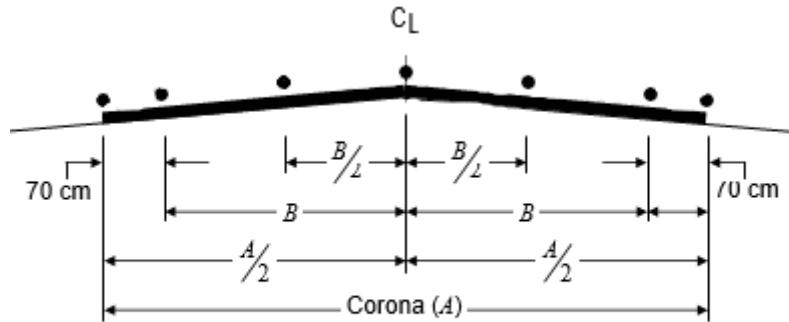


FIGURA 1.- Ubicación de los puntos por nivelar

Fuente: Instituto mexicano del transporte. N·CSV·CAR·3·02·008/3. *Ubicación de los puntos por nivelar*. p. 28.

Tabla XXXII. **TABLA 310-1. Tolerancias para líneas y pendientes**

Característica	Tolerancia
Ancho de la sección, del eje a la orilla	$\pm 1\text{ cm}$
Pendiente transversal respecto a proyecto	$\pm 0,5\%$

Fuente: Instituto mexicano del transporte. N·CSV·CAR·3·02·008/3. p.19.

- (2) Las nivelaciones se ejecutarán con nivel fijo y comprobación de vuelta, obteniendo los niveles con aproximación al milímetro. Las distancias horizontales se medirán con aproximación al centímetro.

4.10.17. Correcciones

Se debe cumplir con todo lo establecido en 4.7.21.

4.10.18. Medidas de mitigación del impacto ambiental

El Contratista tomará las precauciones necesarias para evitar la contaminación del aire, los suelos, las aguas superficiales o subterráneas y la flora, sujetándose en lo que corresponda a las leyes y reglamentos de protección ecológica nacionales vigentes.

4.10.19. Medida

Para la medición de los trabajos se debe de seguir:

4.10.19.1. Material recuperado del pavimento existente

La medida se debe hacer del número de metros cuadrados del espesor de recuperación especificado, con aproximación de dos decimales, correspondiente al ancho promedio de la sección típica a construir indicada en los planos del proyecto, satisfactoriamente construidos de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

El área del material recuperado se debe determinar como el producto del ancho promedio por la longitud del tramo a recuperar y debe estar dentro de los límites y dimensiones indicados en las secciones típicas de pavimentación de acuerdo con los alineamientos horizontal y vertical mostrados en los planos u ordenados por el Delegado Residente. La longitud se debe medir sobre la línea central de la carretera, en proyección horizontal.

4.10.19.2. Material de aporte

El suministro y la colocación del material de aporte serán medidos por el número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, determinado por métodos analíticos sobre la base del área neta comprendida entre la sección típica de pavimentación al nivel de la capa recuperada y las secciones originales del pavimento existente.

Para el efecto, a las áreas que requieran material de aporte se les debe deducir las áreas del pavimento existente que estén afuera de los límites de la sección típica de construcción al nivel de la capa recuperada. Las secciones originales del pavimento existente serán medidas por medio de secciones transversales como se indica en 152,04 (b) usando para el cálculo del volumen el método del promedio de áreas extremas u otro como ahí se indica.

4.10.19.3. Material estabilizador

Se pueden emplear como materiales para estabilización:

4.10.19.3.1. Cal, cemento, puzolanas y escorias de altos hornos

La medida de estos materiales estabilizadores se debe hacer del número de kilogramos con aproximación de dos decimales, ordenados, realmente incorporados a la obra y aceptados dentro de las tolerancias establecidas de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

4.10.19.3.2. Material bituminoso

La medida se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América a la temperatura de 15,6 °C, con aproximación de dos decimales, de material bituminoso para estabilización, ordenados, realmente incorporados a la obra y aceptados dentro de las tolerancias establecidas de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

4.10.19.3.3. Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos

Para el caso de los estabilizadores suministrados en estado líquido, la medida se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, suministrados en forma de concentrado sin diluir, y para el caso de los estabilizadores suministrados en estado sólido, la medida se debe hacer del número de kilogramos con aproximación de dos decimales.

En ambos casos, esta medida corresponderá a la cantidad de material estabilizador ordenada, realmente incorporada a la obra y aceptada dentro de las tolerancias establecidas de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

4.10.19.3.4. Materiales para curado

- (1) Material Bituminoso. Cuando se utilicen materiales bituminosos, la medida se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15,6 °C con aproximación de dos decimales, de material bituminoso para curado, ordenados, realmente

aplicados a la obra y aceptados dentro de las tolerancias y requisitos estipulados en la Sección 551.

- (2) Otros Materiales para Curado. Cuando de conformidad con 4.7.7.2, se utilicen otros materiales impermeables para curado, la medida se debe hacer, tal como se indique en las Disposiciones Especiales.

4.10.20. Pago

Para efectos de pago, tomar en consideración:

4.10.20.1. Material recuperado del pavimento existente

El pago de la operación de recuperación se debe hacer por el número de metros cuadrados medidos como se indica en 4.10.15.1 y cubrirá todas las operaciones de escarificación, pulverización, mezcla del material de aporte, humidificación, homogeneización, conformación y compactación que estén debidamente cubiertos por la capa de base en el caso de la sub base recuperada o imprimados en el caso de la base recuperada, al precio unitario de contrato, correspondiente a Capa de Sub base o Capa de Base Recuperada.

4.10.20.2. Material de aporte

El pago del suministro y colocación del material de aporte se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica en 4.10.17.2 al precio unitario de contrato del renglón correspondiente. El costo de las operaciones de mezcla, humidificación, homogeneización, conformación y compactación del material de aporte se debe considerar incluido en 4.10.16.1.

4.10.20.3. Material estabilizador

Para el pago de los materiales estabilizadores, tomar en cuenta:

4.10.20.3.1. Cal, cemento, puzolanas o escorias de alto horno

El pago de estos materiales estabilizadores se debe hacer del número de kilogramos, medidos como se indica en 4.10.15.3.1 ordenados y realmente incorporados en la capa estabilizada de recuperación del pavimento existente, dentro de las tolerancias estipuladas en 4.10.14, como lo establecen estas Especificaciones Generales, a los precios unitarios de contrato, correspondiente a Cal, Cemento, Puzolanas o Escorias de Alto Horno, según el caso.

4.10.20.3.2. Material bituminoso

El pago se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15,6 °C, medidos como se indica en 4.10.15.2.2., ordenados y realmente incorporados en la capa estabilizada de recuperación del pavimento existente dentro de las tolerancias estipuladas en 310,14, como lo establecen estas Especificaciones Generales, al precio unitario de contrato, correspondiente a Material Bituminoso.

4.10.20.3.3. Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos

Para el caso de los estabilizadores suministrados en estado líquido, el pago se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de

América, y para el caso de los estabilizadores suministrados en estado sólido, el pago se debe hacer del número de kilogramos, ambos medidos como se indica en 4.10.15.3.3.

Ordenados y realmente incorporados en la capa estabilizada de recuperación del pavimento existente, dentro de las tolerancias estipuladas en 4.10.13. como lo establecen estas Especificaciones Generales, al precio unitario de contrato, correspondiente a Estabilizadores Químicos Orgánicos e Inorgánicos.

4.10.20.3.4. Materiales para Curado

- (1) Material_Bituminoso: el pago se debe hacer por el número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15,6 °C medidos como se indica en 4.10.15.1.1., ordenados y realmente aplicados sobre la capa estabilizada de recuperación del pavimento existente, dentro de las tolerancias estipuladas en la Sección 551, como lo establecen estas Especificaciones Generales y al precio unitario de contrato, correspondiente a Material Bituminoso para Curado.
- (2) Otros Materiales para Curado: el pago se debe hacer de conformidad con la medida indicada en 4.10.16.4.2, ordenados y realmente aplicados sobre la capa estabilizada de recuperación del pavimento existente, dentro de las tolerancias y demás requisitos que se establezcan en las Disposiciones Especiales y al precio unitario de contrato, correspondiente a Otros Materiales para Curado.

Estos precios incluyen el trabajo estipulado en esta Sección de conformidad con lo indicado en 4.10.2.

No se reconoce ningún pago adicional por todos los materiales que sea necesario utilizar, ya sea solos o combinados, para construir la capa estabilizada de recuperación del pavimento existente, de conformidad con estas Especificaciones Generales, ni por el acarreo de los mismos; no se reconoce pago adicional por el suministro, acarreo y aplicación de agua en todas las operaciones de estabilización incluyendo el curado.

Tampoco se reconocerá el pago por el suministro, acarreo y aplicación de los acelerantes o los retardantes del fraguado; ni por las operaciones que sea necesario efectuar para la obtención y utilización de los materiales. Tampoco se reconoce pago extra por la maquinaria, equipo y personal necesarios para efectuar el control de las deflexiones, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista.

Todos estos gastos deben estar incluidos en los correspondientes precios unitarios de Contrato.

4.11. Sección 311: fresado del pavimento

Con fresado del pavimento, este documento se refiere a:

4.11.1. Descripción

Este trabajo consiste en la remoción de la capa superior de pavimentos flexibles o rígidos por medio de un proceso de fresado, utilizando equipos especializados para este tipo de trabajos, conforme se establece en la presente Sección.

4.11.2. Definición

Es la operación de remoción y/o recuperación de la capa superior de la superficie del pavimento a fin de mejorar las características de comodidad y fricción de la superficie de rodadura o para desplantar la nueva capa de rodadura. Esto se realiza a la profundidad máxima indicada en los planos y en las Disposiciones Especiales, o conforme lo autorice el Delegado Residente, para proporcionar una superficie uniforme de conformidad con las elevaciones y pendientes longitudinales y transversales establecidas en la sección típica.

La superficie resultante no debe presentar irregularidades mayores que las establecidas en esta Sección.

4.11.3. Equipo

El equipo que se utilice para el fresado, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto o aprobada por la Supervisión, en cantidad suficiente para fresar la superficie establecida en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación o la que indique la Supervisión, conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del Contratista su selección.

Dicho equipo estará mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que duren los trabajos y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Supervisión, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el Contratista corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador.

Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista.

4.11.3.1. Fresadoras

Autopropulsadas, con la masa suficiente para producir un fresado uniforme. Sus dimensiones serán tales que no obstruyan la operación de los carriles adyacentes al fresado. Contarán con:

- (a.1) Cabeza de corte con ancho mínimo de 0,9 metros y de preferencia del ancho del carril, capaz de controlar la profundidad del fresado o generar un plano de corte geométricamente igual al de proyecto, mediante el uso de controles electrónicos.
- (a.2) Discos de corte montados en la cabeza de corte, con dientes de carburo o diamantados, en cantidad tal que produzcan un patrón de corte fino con espaciamiento no mayor de 8,5 mm o $\frac{3}{8}$ plg, con capacidad para cortar la carpeta asfáltica hasta 5 cm de profundidad.
- (a.3) Cilindros hidráulicos para mantener constante la presión sobre la cabeza de corte.
- (a.4) Dispositivos para controlar su alineación, detectar variaciones en el nivel de la superficie por fresar y ajustar automáticamente la cabeza de corte para producir una superficie nivelada, de acuerdo con lo indicado en el proyecto o aprobado por la Supervisión.
- (a.5) Dispositivo integral de enfriamiento mediante agua.

- (a.6) Banda elevadora para cargar el producto del corte directamente al equipo de transporte.

4.11.3.2. Camión cisterna

Para el suministro de agua a la fresadora, con capacidad suficiente para minimizar las paradas del equipo.

4.11.3.3. Camiones de volteo

Para recibir el producto del fresado y transportarlo al banco de desperdicios.

El Contratista debe suministrar equipo para fresado que cumpla con las siguientes características:

- (a) Debe ser autopropulsado, con potencia, tracción y estabilidad suficientes para mantener con exactitud los niveles de la superficie del fresado. El ancho de corte del equipo debe ser igual a por lo menos un tercio del ancho del carril.
- (b) Debe ser capaz de remover el espesor requerido del pavimento, en una o varias pasadas, mediante el uso de puntas o cuchillas de alta resistencia. El equipo debe estar provisto de un sistema automático para controlar el corte a los niveles requeridos mediante un esquí o sensores laterales acoplados a guías colocadas por referencias topográficas, con otro sistema automático para mantener la pendiente transversal.

- (c) Sistema de carga o equipo de soporte adecuado para recuperar o disponer del material fresado de acuerdo con su volumen de producción.
- (d) Adicionalmente, se podrá utilizar equipo de pre-calentamiento para el fresado de pavimentos asfálticos, siempre que no exista contacto directo de llama sobre la superficie existente cuando los materiales obtenidos del fresado vayan a ser reutilizados como componentes de una nueva carpeta asfáltica.

Requisitos de construcción

4.11.4. Fresado

En tramos en operación, el fresado de la superficie de rodadura en pavimentos asfálticos se efectuará en los horarios dentro de los cuales la afectación al tránsito sea mínima. Los horarios de trabajo serán los establecidos en las bases de licitación o los aprobados por la Supervisión.

Se debe utilizar guías laterales colocadas topográficamente para definir las pendientes longitudinales y transversales de la superficie fresada de acuerdo con los niveles, rasantes y pendientes indicadas en los planos. Las operaciones de fresado se deben de realizar en el sentido longitudinal de la carretera.

Cuando se requieran variaciones en la profundidad máxima de fresado, la transición entre las mismas deberá efectuarse con una pendiente uniforme máxima de 0,2 %. Cuando la superficie fresada deba permanecer abierta al tránsito, al inicio y al final del tramo fresado se debe proveer una transición hacia la superficie original con la pendiente antes indicada.

Cuando los trabajos de fresado no se completen en todo el ancho de la superficie de rodadura de la sección típica, se deberán efectuar las operaciones de prevención y control del tránsito como se indica en la sección 155.

Se debe utilizar una escoba giratoria inmediatamente detrás de las operaciones de fresado para remover todo el material suelto que no haya sido retirado por el equipo indicado en 4.11.3.3. Se debe minimizar el escape de polvo al aire.

A menos que el proyecto o la Supervisión indiquen otra cosa, cuando la superficie fresada funcione como superficie de rodadura, el fresado será continuo en tramos no menores de cincuenta metros y a todo el ancho del carril, para reducir el índice de perfil a menos de 14 cm/km e incrementar la resistencia a la fricción a un mínimo de 0,6 medida con el equipo Mu-Meter.

4.11.4.1. Textura

La profundidad de textura estimada (ETD) deberá medirse y controlarse de acuerdo con las disposiciones especiales del proyecto. De no estar especificado, el valor de (ETD) deberá ser mayor a cero puntos 6 mm esto deberá evaluarse por medio de sectores homogéneos no menores a 250 m tomando datos promedio a cada 20 m, utilizando la metodología del círculo de arena o laser de textura.

4.11.4.2. Fricción

El coeficiente de fricción deberá medirse y controlarse de acuerdo con las disposiciones especiales del proyecto. De no estar especificado, deberá ser

mayor a 0,60 esto deberá evaluarse por medio de sectores homogéneos no menores a 250 m tomando datos promedio a cada 20 m.

En el caso de la capa de base no se deberá superar un valor de IRI de 3,5 m/km, analizado por sectores homogéneos de longitudes no menores a 500 metros. Pueden existir excepciones en tramos con una sinuosidad alta.

Si al final de la jornada, quedan desniveles mayores de 3 cm, se desvanecerá el fresado hasta llegar al nivel original de la superficie de rodadura, en una longitud mínima de 5 metros, a menos que el proyecto o la Supervisión indiquen otro valor.

Concluido el fresado, se obtendrá el índice de perfil en cada tramo fresado para cada carril de circulación, conforme a lo estipulado en la norma ASTM E1274-03 Standard Test Method for Measuring Pavement Roughness Using a Profilograph, Índice de Perfil, medido a lo largo de la línea imaginaria ubicada a 90 ± 20 cm de la orilla exterior del carril por evaluar, para verificar el cumplimiento del fresado. En ningún caso se medirán para efecto de pago tramos que no hayan sido verificados.

Concluido el fresado, cuando la superficie terminada funcione como superficie de rodadura, se obtendrá la resistencia a la fricción en condiciones de pavimento mojado, en cada tramo fresado para cada carril de circulación, conforme a la norma ASTM E 670-94 (2000), a una velocidad de 60 km/h, por lo menos sobre la huella de la rodada externa de cada línea de fresado.

Para ello, el Contratista dispondrá y mantendrá durante el tiempo que duren los trabajos, de un equipo Mu-Meter que cumpla con la norma mencionada, debidamente calibrado.

La Supervisión verificará la calibración en cualquier momento y si a su juicio, el Mu-Meter presenta deficiencias o no está bien calibrado, se suspenderá inmediatamente la medición en tanto que el Contratista lo calibre adecuadamente, corrija las deficiencias o lo reemplace. En ningún caso se medirán para efecto de pago tramos que no hayan sido verificados.

4.11.5. Precauciones durante la obra

El fresado se realizará de tal forma que no se dañen las cunetas u otras obras de drenaje, las guarniciones, zonas de la superficie de rodadura fuera del área de fresado y cualquier otra estructura. Cuando el proyecto o la Supervisión indiquen que el fresado no se realice sobre los elementos del señalamiento horizontal, la distancia entre el límite del fresado y las rayas, botones reflejantes u otros elementos, no será menor de 8 cm.

Durante el fresado se evitará que los residuos resultantes escurran por los acotamientos, los carriles abiertos al tránsito, las cunetas o cualquier tipo de obra de drenaje. Los residuos serán removidos de la superficie de rodadura al momento del fresado.

4.11.6. Medidas de mitigación de impacto ambiental

Durante el fresado de la superficie de rodadura en pavimentos asfálticos, el Contratista tomará las precauciones necesarias para evitar la contaminación del aire, los suelos, las aguas superficiales o subterráneas, la flora y la fauna, sujetándose en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes.

4.11.7. Tolerancias

La conformación de la superficie terminada de la capa fresada debe ser verificada mediante la utilización de una regla recta rodante, una regla o varilla de 3 metros de longitud graduada, determinándose si la altura es constante sobre la superficie en sentido transversal y longitudinal. No se permiten irregularidades mayores de 6 mm tanto en el sentido longitudinal como en el transversal respecto al eje de la carretera.

4.11.8. Criterios de aceptación

Además de lo establecido anteriormente en esta Norma, para que el fresado se considere terminado y sea aceptado por la Supervisión, con base en el control de calidad que ejecute el Contratista, mismo que podrá ser verificado por la Supervisión cuando lo juzgue conveniente, se comprobará:

- (a) Que las superficies fresadas presenten, a juicio de la Supervisión, una textura y acabado uniformes.
- (b) Que el índice de perfil de toda la superficie fresada sea igual a catorce 14 cm/km o menor, o igual al valor indicado en el proyecto o aprobado por la Supervisión.
- (c) Cuando así lo indique el proyecto o lo apruebe la Supervisión, que la resistencia a la fricción de la superficie fresada sea de 0,6 o mayor.
- (d) Que la pendiente transversal del pavimento sea de $2 \pm 0,5$ % en tramos rectos o, en curvas, igual que la sobreelevación que corresponda.

- (e) Que la superficie fresada y de rodadura estén limpias y los residuos producto del fresado, hayan sido retirados y depositados en el banco de desperdicios aprobado por la Supervisión.

4.11.9. Medida

La medida se debe hacer del número de metros cuadrados del espesor de fresado especificado, con aproximación de dos decimales, correspondiente al ancho promedio de la sección típica a fresar indicada en los planos del proyecto, satisfactoriamente ejecutados de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

El área del pavimento fresado se debe determinar como el producto del ancho promedio por la longitud del tramo a fresar y debe estar dentro de los límites y dimensiones indicados en las secciones típicas, de acuerdo con los alineamientos horizontal y vertical mostrados en los planos u ordenados por el Delegado Residente. La longitud se debe medir sobre la línea central de la carretera, en proyección horizontal.

4.11.10. Pago

El pago de la operación de fresado se debe hacer por el número de metros cuadrados medidos como se indica en 4.11.4 al precio unitario de contrato, correspondiente a Fresado del Pavimento y cubrirá todas las operaciones necesarias de movilización y uso del equipo de fresado y equipo auxiliar necesario para la realización de estos trabajos y la carga del material proveniente de estas operaciones, su transporte o acarreo y disposición en las áreas designadas por el Delegado Residente, cuyo precio incluye el trabajo estipulado

en esta Sección, incluyendo los trabajos topográficos, referenciación y mantenimiento del tránsito, todo de conformidad con lo indicado en 4.10.2.

4.12. Sección 312: paliativos del polvo

Para métodos y materiales paliativos del polvo se debe de considerar:

4.12.1. Descripción

Este trabajo consiste en el suministro de los materiales a usar como paliativos del polvo y la aplicación de los mismos sobre la superficie de la carretera, de conformidad con estas Especificaciones Generales o las Disposiciones Especiales.

4.12.2. Definición

Paliativo del polvo. Es la aplicación de uno o más riegos de un material sobre una superficie preparada de una carretera para aplacar el polvo.

Materiales

4.12.3. Requisitos de los materiales

Los requisitos de materiales paliativos del polvo son:

4.12.3.1. Cloruro de calcio

Debe cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO M 144, tipo S para el grado y clase especificados.

4.12.3.2. Emulsión asfáltica

Las emulsiones asfálticas, según su tipo, cumplirán con las siguientes características:

4.12.3.2.1. Emulsiones aniónicas

Deben cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO M 140.

4.12.3.2.2. Emulsiones catiónicas

Deben cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO M 208.

Además, las emulsiones asfálticas deben cumplir con los requisitos de temperatura indicados en la siguiente tabla.

Tabla XXXIII. **Tabla 312-1 Rango de Temperaturas de Aplicación**

Tipo y Grado de la Emulsión Asfáltica	Rangos de temperaturas de rociado Mínima-Máxima en °C
SS-1, SS-1h	20-70
CSS-1, CSS-1h	20-70

Fuente: Dirección General de Caminos. *Temperaturas de aplicación de la emulsión asfáltica.*

p 312-1.

4.12.3.3. Sulfonato de lignina

El Contratista debe suministrar una solución de agua con una base catiónica de amoníaco, calcio o sodio. Debe cumplir con lo siguiente

- (1) Sólidos 50 %
- (2) Gravedad específica 1,25
- (3) pH, según AASHTO T 210 4,5 mínimo

4.12.3.4. Cloruro de magnesio

El Contratista debe suministrar una solución en salmuera que cumpla con lo siguiente:

- (1) Cloruro de magnesio, por masa 28 a 35 %
- (2) Agua, por masa 65 a 72 %
- (3) Gravedad específica, ASTM D 1298 1,29 a 1,33

4.12.3.5. Agua

El Contratista debe suministrar agua libre de sustancias nocivas para los materiales a ser utilizados en la ejecución de los trabajos.

Requisitos de construcción

4.12.4. Generalidades

El distribuidor debe ser capaz de calentar el paliativo de manera uniforme. Debe tener una barra de rociado de circulación ajustable a un ancho de

4,6 metros y una manguera con boquilla para poder trabajar las áreas inaccesibles al distribuidor y para los trabajos de acabado.

El distribuidor deberá tener un tacómetro, un calibrador de presiones, un dispositivo para medición de volúmenes o un tanque calibrado para depositar uniformemente el paliativo sobre todo el ancho con una tolerancia de 0,08 litros por metro cuadrado de la razón de aplicación requerida. Deberá tener además un termómetro para medir la temperatura del paliativo en el tanque.

No se debe aplicar el paliativo del polvo cuando el clima esté nublado o lluvioso o cuando se esperen lluvias dentro de las 24 horas de la aplicación. El paliativo debe ser aplicado cuando la temperatura ambiente sea mayor de 4 °C.

Las superficies de las estructuras y de los árboles deben ser protegidas durante la aplicación del paliativo para protegerlos de las salpicaduras u otros daños. Se deben usar varias aplicaciones en una cantidad reducida, si es necesario, para prevenir escurrimientos. Se prohíbe verter paliativos del polvo en las fuentes de agua.

4.12.5. Preparación y aplicación

A continuación, se detallan las características para la preparación y aplicación.

4.12.5.1. Emulsión asfáltica

La superficie debe ser preparada de acuerdo con lo indicado en la Sección 301.

Las emulsiones se deben diluir en 5 o más partes, en volumen, de agua. El material diluido se debe regar con el distribuidor de asfalto en repetidas aplicaciones ligeras, según se requiera, de acuerdo con lo indicado en 404,09. La cantidad de aplicación debe variar entre 0,45 y 2,3 litros por metro cuadrado o en la cantidad aprobada por el Delegado Residente.

4.12.5.2. Sulfonato de lignina, cloruro de calcio o cloruro de magnesio

El lecho de la carretera debe ser preparado y conformado con la sección de planos hasta dejar de 25 a 50 mm de material relativamente suelto sobre la superficie. Se debe humedecer el material suelto hasta que esté visiblemente húmedo.

Cuando se utilice sulfonato de lignina, éste debe ser diluido con agua hasta que la mezcla contenga 40 ± 10 por ciento de sulfonato de lignina en volumen. Al suministrar el sulfonato de lignina, el Contratista debe presentar un certificado de calidad la fecha de compra, número de identificación del vehículo que lo transporta, masa neta, volumen neto a 15 °C, gravedad específica a 15 °C, porcentaje de sólidos por peso, pH, base catiónica y nombre de la marca.

Cuando se utilice cloruro de calcio, se debe preparar una solución con agua que contenga 32 ± 5 % de cloruro en masa.

Cuando se utilice cloruro de magnesio, la salmuera debe ser aplicada cuando la temperatura ambiente sea mayor de 15 °C.

La aplicación se debe hacer en una cantidad de 1,4 a 2,7 litros por metro cuadrado o en la cantidad aprobada por el Delegado Residente. La superficie debe ser compactada.

4.12.5.3. Productos orgánicos

Estos pueden ser aceites vegetales, melaza, linaza, resinas vegetales o glicerina. Su aplicación debe ser por aspersión o riego como supresores del polvo, se recomiendan para materiales finos.

4.12.6. Medidas de mitigación de impacto ambiental

Durante el proceso el Contratista tomará las precauciones necesarias para evitar la contaminación del aire, los suelos, las aguas superficiales o subterráneas, la flora y la fauna, sujetándose en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes.

4.12.7. Medida

La medición para los trabajos de fraseado se rige por:

4.12.7.1. Emulsión asfáltica

La medida se debe hacer del número de galones, con aproximación de dos decimales, de Emulsión Asfáltica antes de diluir para Paliativo del Polvo, satisfactoriamente aplicados de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

4.12.7.2. Sulfonato de lignina, cloruro de calcio o cloruro de magnesio

La medida se debe hacer del número de galones, con aproximación de dos decimales, de mezcla ya preparada para Paliativo del Polvo, satisfactoriamente aplicada de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

4.12.8. Pago

El procedimiento de pago para esta sección es:

4.12.8.1. Emulsión asfáltica

El pago se debe hacer del número de galones, con aproximación de dos decimales, de Emulsión asfáltica antes de diluir para Paliativo del Polvo, medidos como se indica en 4.12.7.1, satisfactoriamente aplicados de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales al precio unitario de contrato correspondiente a Paliativos del polvo con emulsión asfáltica.

4.12.8.2. Sulfonato de lignina, cloruro de calcio o cloruro de magnesio

El pago se debe hacer del número de galones, con aproximación de dos decimales, de mezcla ya preparada para paliativo del polvo, medidos como se indica en 4.12.6.1, satisfactoriamente aplicada de acuerdo con estas especificaciones generales y disposiciones especiales.

No se debe hacer ningún pago por separado por el suministro de la mano de obra, materiales, herramientas, equipo y por el agua, el mezclado y la aplicación en la carretera. Estos precios incluyen todo el trabajo estipulado en esta sección de conformidad con lo indicado en 4.10.2.

4.13. Sección 313: apilamiento y almacenamiento de agregados

Para el correcto apilamiento y almacenamiento de agregados se debe de considerar lo estipulado en esta sección.

4.13.1. Descripción

Este trabajo consiste en la selección de los sitios o lugares para colocar los materiales; la limpieza y preparación de dichos lugares; la carga, transporte y descarga del agregado, distribuyéndolo en montones o pilas; la protección adecuada y el cuidado necesario de los agregados correspondientes; todo de acuerdo con estas especificaciones generales y lo indicado en los planos y disposiciones especiales.

4.13.2. Definiciones

Esta sección considera las siguientes definiciones para los trabajos.

4.13.2.1. Apilamiento de agregados

Es la acción y efecto de poner en pilas o montones, los agregados que se utilizan en la construcción.

4.13.2.2. Almacenamiento de agregados

Es la acción y efecto de guardar los agregados destinados a la construcción de la obra, protegiéndolos adecuadamente en los sitios o lugares seleccionados, en forma tal que puedan conservarse sin contaminación y sin perder sus propiedades.

4.13.2.3. Transporte de agregados

Es la acción de mover o transportar los agregados o materiales requeridos para la construcción, ya sea desde la distribuidora o bodega hacia el proyecto.

4.13.3. Materiales

Los agregados depositados y almacenados deben mantener todos los requisitos especificados para el tipo y características de los materiales a utilizar según el caso, evitando especialmente la segregación y contaminación, todo de acuerdo con estas especificaciones generales y disposiciones especiales.

4.13.4. Selección de los lugares para apilamiento y almacenamiento

El Contratista debe seleccionar los lugares adecuados según la posición más favorable para la ejecución de los trabajos, de conformidad con los planos y Disposiciones Especiales. La selección de estos lugares es responsabilidad absoluta del Contratista y no se reconoce ningún pago por acarreo o sobreacarreo, ni tampoco compensación alguna, si el material se pierde o se daña por cualquier causa.

4.13.5. Preparación de los lugares para apilamiento y almacenamiento

Los lugares destinados a estas operaciones deben prepararse, limpiándolos de toda materia vegetal, árboles, troncos, malezas, así como de los residuos y basura, en forma tal que se evite la contaminación del material de acuerdo con lo indicado en la Sección 202. Los sitios o lugares escogidos deben ser nivelados, conformados y compactados hasta lograr una sección transversal razonablemente uniforme que drene satisfactoriamente, y de preferencia con una pendiente no mayor del 8 %.

Se tiene que compactar la superficie en todo su ancho, con un mínimo de tres pasadas completas con equipo de compactación aprobado por el Delegado Residente.

Después de que el sitio haya sido nivelado y compactado, se tiene que colocar y compactar una capa de agregado u otro material granular adecuado sobre toda el área de las pilas y las vías de acceso. La profundidad del agregado o material granular colocado debe ser suficiente para estabilizar el suelo del sitio o lugar de la pila y las vías de acceso, para prevenir la contaminación de las pilas con suelo natural u otros materiales perjudiciales.

4.13.6. Apilamiento de agregados

Las pilas o montones aislados deben de tener una forma geométrica regular, no permitiéndose alturas inferiores a 5 metros, ni mayores de 20 metros, con una pendiente lateral no mayor a la del ángulo de reposo de los materiales, pero en ningún caso la pendiente podrá ser más plana que 1:1½.

Para formar las pilas, los agregados se deben depositar en capas uniformes de espesores no mayores de 1 metro. Los agregados se deben colocar por medio de camiones, volquetes, u otro sistema de transporte por volteo con llantas neumáticas. No se permite el uso de correas o bandas transportadoras, ni maquinaria empujadora ni de equipos o medios de apilado que causen degradación o segregación de los agregados.

No se debe verter el agregado de manera que parte de éste se escurra hacia abajo sobre las capas inferiores de la pila. No se deben verter agregados utilizando cubetas o canaletas en un lugar específico para formar una pila con forma de cono.

No se debe apilar agregados en los sitios en los que el tráfico pase a través de las pilas. Cuando se operen camiones sobre las pilas, se deben colocar planchas de paso, cuando sea requerido por el delegado residente, para evitar que el lodo de las llantas o cualquier otro material penetre en el material apilado.

Las pilas deben colocarse lo suficientemente separadas o deben ser separadas por medio de paredes o particiones para evitar que se mezclen las distintas graduaciones de agregados.

Después de medir y aceptar una pila de agregados que será utilizada en un futuro, ésta debe ser cubierta con un cobertor protector contra el medio ambiente.

Se asegurará el apilado de los rollos de geomallas de polímeros sintéticos para terracerías, subbases y bases, con cuñas o bloques de madera en los bordes de las pilas para impedir el deslizamiento de los rollos, evitando el uso de piedras, estacas de varillas de acero u otros elementos que los pueda dañar.

4.13.7. Protección de los agregados

Las pilas se deben ubicar y formar de tal manera que no se produzca mezcla de agregados de diferente tipo o segregación en los mismos; alejando lo más posible las pilas de los lugares de paso de vehículos, para evitar su contaminación con el polvo. Cuando los materiales tengan que estar depositados al aire libre y las condiciones de intemperie sean desfavorables, es obligación del Contratista cubrirlos, utilizando cubiertas de polietileno, de lona o de otro material adecuado.

La cubierta debe de colocarse directamente encima de los agregados, fijándola adecuadamente y cubriendo toda la superficie de las pilas, para asegurar su protección contra la acción de los elementos naturales.

Los rollos de geomallas de polímeros sintéticos para terracerías, se depositarán horizontalmente en lugares totalmente cubiertos para evitar su exposición a la luz solar y permanecerán elevados del piso para protegerlos de daños debidos a humedad, sustancias químicas como ácidos o bases fuertes, fuego, incluyendo chispas de soldadura, temperaturas mayores a 70 °C o menores de 0 °C, o cualquier otra condición ambiental que pueda afectarlos.

Las geomallas serán almacenadas en sitios cercanos al frente de trabajo, en superficies sensiblemente planas y libres de piedras u otros objetos que puedan dañar a la geomalla de polímeros sintéticos para terracerías, subbases y bases.

4.13.8. Disponibilidad de los agregados

Cuando el Contratista tenga almacenada una cantidad de agregados menor que la requerida para terminar la obra de que se trate, éste está obligado a completarla, aun cuando tenga que adquirirla de otra fuente que llene los mismos requisitos especificados.

Cuando disponga de una cantidad mayor de agregados, sin que así se le haya requerido, si el Gobierno tiene interés o no en comprar dicho excedente, así se lo hará saber al Contratista, dentro de los 30 días siguientes a partir del día que se compruebe que se produjo un excedente, para que en caso negativo, el Contratista pueda disponer libremente del material.

4.13.9. Transporte de materiales

El vehículo en el que se transporten los rollos de geomallas de polímeros sintéticos deberá tener la longitud necesaria para proporcionarles apoyo continuo, evitando que se flexionen y se dañen durante el traslado.

El transporte de los distintos agregados se debe de hacer bajo las condiciones climáticas propicias y en los medios óptimos y necesarios para que el traslado de estos se dé de la manera más eficiente y cuidando sobre todo la calidad de los elementos que se están transportando, teniendo siempre en consideración la naturaleza de estos.

4.13.10. Medida

La medida se debe hacer del número de metros cúbicos con aproximación de dos decimales, de agregados apilados y almacenados en los lugares

seleccionados. El volumen se debe determinar, utilizando métodos analíticos por medición directa de las pilas formadas. No se reconocen diferencias por concepto de asentamiento o contracción.

La medida también puede hacerse si así lo aprueba el Ingeniero, por toneladas métricas ordenadas y colocadas en las pilas de almacenaje autorizadas.

4.13.11. Pago

- El pago se debe hacer, únicamente cuando en el contrato correspondiente se estipule expresamente este renglón por separado, del número de metros cúbicos o de toneladas métricas de agregados apilados y almacenados, medidos como se indica en 4.13.9 al precio unitario de contrato, correspondiente a Apilamiento y Almacenamiento de Agregados, cuyo precio incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de acuerdo con lo indicado en 4.10.2.
- No se reconoce ningún pago adicional por la adquisición o arrendamiento de terrenos, limpia, chapeo y destronque de los mismos, construcción de caminos de acceso, agregados y materiales de recubrimiento del terreno, cubiertas de protección de las pilas, cercas, vigilancia, y pérdida de materiales por erosión, robo o cualquier otra causa.

CONCLUSIONES

1. Las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes de la Dirección general de caminos, en su división 300 (301-313) se deben actualizar debido a los cambios en las normativas utilizadas en la versión actual (septiembre 2001) donde se proponen cambios en las especificaciones, materiales, normativas, procedimientos, maquinaria, tecnología, cuantificaciones, definiciones y terminología.
2. Se identificaron los cambios requeridos en cada sección en cuestiones de materiales, normativas, procedimientos, maquinaria, tecnología, cuantificaciones, definiciones y terminología de cada sección de esta división y se actualizaron tomando como referencia normativas internacionales AASHTO, ASTM y especificaciones de países con características similares a las de Guatemala, en materia de construcción de carreteras como las del Instituto Mexicano del Transporte, Instituto Nacional de vías de Colombia, entre otros.
3. La división 300 del Libro azul, debe poseer una redacción que permita al lector comprender de manera sencilla y clara, las disposiciones que esta contiene. Es requerido que la división implemente el sistema de ejes equivalentes para su diseño, permitiendo así tomar en cuenta variables que hacen al pavimento vulnerable ante el tipo de tránsito esperado. Es necesario cambiar los valores mínimos del ensayo AASHTO T 193 (CBR) ya que los actualmente establecidos son obsoletos.

4. Para mejorar la comprensión del lector y evitar inconvenientes las definiciones para materiales, maquinaria y procedimientos, deben ampliarse y especificarse detalladamente.
5. Para volver a la normativa relevante, el uso de tecnología como lo son georradar, deflectómetro, viga de Benkelman y maquinaria moderna debiendo estar calibrada y en óptimas condiciones. Es requerido; tomando en cuenta también el índice de rugosidad como parámetro de aceptación.
6. Para porcentajes de hinchamiento del material mayor a 2 % para Subrasante es requerido una caracterización mineralógica, con el fin de identificar a cabalidad el tipo y características del suelo.
7. El diseño de carreteras mediante el sistema de ejes equivalentes es un método superior de diseño al que sustenta la normativa actual, ya que toma en cuenta el tipo de eje y peso, que inciden directamente en el comportamiento del pavimento.
8. El valor soporte AASHTO T 180 (CBR) para Subbase común debe ser como mínimo 50, efectuado sobre muestra saturada a 95 % de compactación; esto con fin de mejorar la calidad de la Subbase común, brindando la posibilidad de disminuir el grosor de la base y dar una mayor protección frente a los efectos del agua.
9. El porcentaje de densidad máxima en campo, muchas veces no logra ser igual al encontrado en laboratorio, esto debido a varios factores inexistentes bajo condiciones controladas como grandes volúmenes de suelo, tipo de maquinaria y otros factores propios de cada lugar, por ello para Subbase común, el porcentaje de compactación puede ser como

mínimo de 98 % de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180.

10. Para la capa de Subbase y Base granular, el valor soporte AASHTO T 193 (CBR) debe ser como mínimo 60 esto con fin de mejorar la calidad de estas capas.
11. Guatemala se encuentra atrasada en cuanto al uso, tipos y métodos constructivos de geomallas.

RECOMENDACIONES

1. Actualizar las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes en todas sus divisiones, tomando en cuenta los avances tecnológicos y técnicas de construcción modernas.
2. Tomar en cuenta el presente trabajo de investigación para la próxima actualización de las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes para la División 300 Subbases y Bases.
3. Considerar como único manual de referencia las publicaciones de las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes publicadas por la Dirección General de Caminos, ya que son los responsables de la administración de la red vial del país.
4. Implementar controles de calidad rigurosos sobre los métodos de construcción y materiales empleados para la infraestructura vial.
5. Considerar como método de diseño y construcción el sistema de ejes equivalentes para las distintas divisiones de las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes.
6. Ser específicos en las descripciones y procedimientos de construcción enlistados en la normativa.
7. Tener un comité permanente para cada división con el fin de mantener constante el proceso de actualización de la normativa.

8. Establecer las condiciones climáticas mínimas requeridas para cada etapa de construcción en la próxima actualización de las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes.

9. Incorporar medidas de mitigación de impacto ambiental en la próxima actualización de la normativa.

BIBLIOGRAFÍA

1. BADILLA, Gustavo. *Determinación de la Regularidad Superficial de Pavimentos Mediante el Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI) Aspectos y Consideraciones Importantes* [en línea]. <<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/500/CILA-05-09.%20DETERMINACI%C3%93N%20DE%20LA%20REGULARIDAD%20SUPERFICIAL%20DE%20PAVIMENTOS%20MEDIANTE%20EL%20C%C3%81LCULO%20DEL%20INDICE%20REGULARIDAD%20INTERNACIONAL%20%28IRI%29%20ASPECTOS%20Y%20CONSIDERACIONES%20IMPORTANTES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. [consulta: 15 de agosto de 2021].
2. Blog Vise. *Pavimento Flexible*. [en línea]. <<https://blog.vise.com.mx/qu%C3%A9-es-un-pavimento-flexible-y-cu%C3%A1ndo-conviene-usarlo>>. [Consulta: 15 de septiembre de 2021].
3. Diccionario de arquitectura y construcción. *Definición de reflectancia*. [en línea]. <<http://www.parro.com.ar/definicion-de-reflectancia>>. [Consulta: 30 de julio de 2021].
4. Dirección General de Caminos. *Especificaciones Generales para construcción de Carreteras y Puentes*. 1a. ed. Guatemala: s.n.,2001.

5. El Consejo Sectorial de Ministros de Transporte de Centroamérica (COMITRAN). *Manual Centroamericano de Especificaciones para la construcción de Carreteras y Puentes Regionales*. Guatemala: 2001. 110 p.
6. ESCOBAR, Mercedes; VASQUEZ, Laura; MAYA, Jessyca. *Diseño de Pavimento Flexible y Rígido*. Tesis de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad del Quindío, Armenia, 2012. 145 p.
7. FEDERAL Highway Administration. *Standard Specifications For Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects*, Estados Unidos: s.n, 1996. 813 p.
8. HERRERA DE GUISE, Luis Pedro. *Estudio de laboratorio y guía temática de bases y subbases estabilizadas con puzolanas para tramos carreteros*. Tesis de Ing. Civil Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011. 170 p.
9. HERRERA Montealegre, Martha. *Determinación del módulo resiliente de diseño de pavimentos mediante criterios AASHTO 1993 y 2002*. Tesis Maestría en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial. Lima, Perú: Universidad de PIURA, Facultad de ingeniería, 2014. 98 p.
10. Instituto del Cemento Portland Argentino (Argentina). *Construcción de Bases y Subbases de Suelo Cemento*. [en línea]. <<https://web1.icpa.org.ar/wp-content/uploads/2019/04/2015-07-Construccion-Suelo-Cemento.pdf>>. [Consulta: 21 de octubre de 2021].

11. INVIAS. *56 artículos de especificaciones generales de construcción de carreteras están en proceso de actualización*. [en línea]. <[https://www.invias.gov.co/index.php/sala/noticias/3667-56 articulos-de-especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras-estan-en-proceso-de-actualizacion](https://www.invias.gov.co/index.php/sala/noticias/3667-56- articulos-de-especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras-estan-en-proceso-de-actualizacion)>. [consulta: 15 de agosto de 2021].
12. LABORET, Magali. *Estabilización de subrasantes con geotextil tejido. Colombia, 2018*. [en línea]. <<https://revistavial.com/estabilizacion-de-sub-bases-con-geotextil-tejido/>>. [Consulta: 28 de julio de 2021].
13. LECLAIR, Raúl. *Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales* 2a ed. Centroamérica: Convenio No. 596-0184.20, PROALCA II, SIECA, 2004. 426 p.
14. LIME Association. *Manual de Estabilización de Suelo Tratado con Cal*. Estados Unidos: 2004. 42 p.
15. LOZADA, Lorena; Zapata, Dahianna. *Diseño de la vía en pavimento flexible de la carrera 2ª de Gualanday Municipio de Coello-Tolima*. Tesis de Especialización en Diseño y construcción de Pavimentos. Ibagué, Tolima: Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de ingeniería, Programa de Ingeniería Civil, 2020. 114 p.
16. ROMÁN REYES, Fredí M. *Metodología para el Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y Su Aplicación en Pavimentos Flexibles de Guatemala*. Tesis de Maestría en Ingeniería Vial. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala,

Facultad de ingeniería, Escuela de Estudios de Postgrado 2020.
106 p.

17. Secretaria de Comunicaciones y Transporte. *Caracterización Geomecánica de las mezclas asfálticas. Documento técnico no.267*. México: Querétaro Sanfandila. 104 p. ISSN: 0188-7297.
18. _____. *Mecánica de Materiales para Pavimentos. Documento técnico no. 19*. México: Querétaro Snfandila. 234 p. ISSN: 0188-7297
19. _____. *Consideraciones Sobre Compactación de Suelos en Obras de Infraestructura de Transporte. Documento técnico no.7*. México: 1992. 131 p. ISSN: 0188-7114
20. _____. *M·MMP·4·07·002/06: Superficie de Rodadura*. México: s.n., 2006. 12 p.
21. _____. *N·CMT·1·03/02: Materiales para Subbase*. México: s.n., 2002. 5 p.
22. _____. *N·CMT·4·02·001/11: Materiales para Subbases*. México: s.n., 2011. 7 p.
23. _____. *N·CMT·4·02·002/11: Materiales para Bases Hidráulicas*. México: s.n., 2011. 11 p.
24. _____. *N·CMT·4·02·003/04: Materiales para Bases Tratadas*. México: s.n., 2011. 21 p.

25. _____. *N·CMT·4·02·003/19: Materiales para Bases*. México: s.n., 2019. 20 p.
26. _____. *N·CMT·4·03·001/02: Materiales para Estabilización*. México: s.n., 2002. 9 p.
27. _____. *N·CMT·4·04·04/17: Materiales pétreos para Mezcla Asfáltica*. México: s.n., 2017. 10 p.
28. _____. *N·CMT·6·01·005/16: Geomallas de Polímeros Sintéticos para Terracerías, Subbases y Bases*. México: s.n., 2016. 6 p.
29. _____. *N·CSV·CAR·3·02·006/10: Fresado de la Superficie de Rodadura en Pavimentos Asfálticos*. México: s.n., 2010. 9 p.
30. _____. *N·CSV·CAR·3·02·008/03: Recuperación en Caliente de Carpetas Asfálticas*. México: s.n., 2003. 23 p.
31. _____. *N·CSV·CAR·4·02·005/03: construcción de Subbases o Bases Estabilizadas*. México: s.n., 2003. 21 p.
32. _____. *N·CTR·CAR·1·04·003/00: Capas Estabilizadas*. México: 2000. 12 p.
33. TOIRAC, José. *El suelo cemento como material de construcción*. [en línea]. <<https://www.redalyc.org/pdf/870/87012672003.pdf>>. [Consulta: 28 de julio de 2021].

34. TULATE, Alonso; VARGAS, Catalina. *Control de Polvo en Caminos no Pavimentados. Boletín técnico Volumen 9, N.º6, marzo 2018.* [en línea]. <<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/1049/Bolet%C3%ADn%20062018%20Control%20de%20polvo%20en%20caminos%20no%20pavimentados.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. [Consulta: 28 de julio de 2021].