

Índice de Contenidos

	Página
1 CAPITULO I: INTRODUCCION Y OBJETIVOS	1
1.1 Introducción.	1
1.2 Objetivos.	2
1.2.1 Objetivo General.	2
1.2.2 Objetivos Específicos.	2
2 CAPITULO II: MARCO TEORICO	3
2.1 Análisis de la Red Vial Chilena.	3
2.2 Introducción al Asfalto.	3
2.2.1 Características de los asfaltos.	4
2.3 Pavimentos Asfálticos Flexibles.	4
2.3.1 Conceptos básicos.	5
2.3.2 Base y sub-base.	7
2.3.3 Carpeta de rodadura.	7
2.4 Cemento Asfáltico.	8
2.4.1 Comportamiento del asfalto y temperatura.	9
2.4.2 Envejecimiento.	12
2.5 Mezclas Asfálticas en Caliente.	13
2.5.1 Tipos de mezclas.	14
2.5.2 Evolución de las técnicas de diseño.	15
2.5.3 Propiedades de las mezclas asfálticas en caliente.	17
2.5.4 Características de una mezcla asfáltica en caliente.	18
2.5.5 Comportamiento del agregado pétreo.	22
2.5.6 Comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente.	22
3 CAPITULO III: METODOLOGIA SUPERPAVE PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS	27
3.1 Selección de Materiales.	29

3.1.1	Cemento asfáltico.....	29
3.1.2	Agregado mineral.....	32
3.2	Diseño de la Estructura del Agregado Mineral.....	35
3.3	Selección del Contenido de Asfalto.....	37
3.4	Sensibilidad a la Humedad de la Mezcla.....	37
3.5	Cemento Asfáltico Graduado por Desempeño.....	39
3.5.1	Procedimientos Superpave para envejecimiento de cementos asfálticos.....	39
3.5.2	Ensayos Superpave a cementos asfálticos.....	43
3.5.3	Especificaciones Superpave para asfaltos de alto desempeño.....	50
3.5.4	Selección del grado de desempeño (PG) del ligante asfáltico.....	57
4	CAPITULO IV: METODOLOGIA CHILENA PARA DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS	61
4.1	Caracterización de los Ligantes Asfálticos.....	61
4.1.1	Punto de ablandamiento – anillo y bola.....	61
4.1.2	Ensayo de Penetración.....	61
4.1.3	Punto de inflamación.....	62
4.1.4	Ductilidad.....	62
4.1.5	Solubilidad.....	62
4.1.6	Ensayo de la mancha.....	63
4.1.7	Película delgada rotatoria.....	63
4.1.8	Punto de fragilidad Fraass.....	63
4.1.9	Viscosidad absoluta.....	64
4.2	Método Marshall para Diseño de Mezclas Asfálticas.....	64
5	CAPITULO V: CARACTERIZACION CLIMATICA Y GEOGRAFICA CHILENA	66
5.1	Temperatura.....	68
5.1.1	Medición de la temperatura.....	68
5.1.2	Temperatura en Chile.....	69
5.2	Zona Norte.....	70

5.2.1	Descripción del relieve de la zona norte.	70
5.2.2	Clasificación climática zona norte.	71
5.3	Zona Central.....	73
5.3.1	Descripción del relieve de la zona central.....	73
5.3.2	Clasificación climática zona central.....	74
5.4	Zona Sur.....	76
5.4.1	Descripción del relieve de la zona sur.....	76
5.4.2	Clasificación climática de la zona sur.....	77
6	CAPITULO VI: ANALISIS DE TEMPERATURAS	80
6.1	Base de datos de temperaturas.	80
6.2	Obtención de las temperaturas de diseño.	85
6.2.1	Temperaturas máximas de diseño.	86
6.2.2	Temperaturas mínimas de diseño.....	91
6.3	Selección de grado de desempeño para cada estación.	96
7	CAPITULO VII: CONFECCION DE LOS MAPAS DE ZONIFICACION DE TEMPERATURAS.....	100
7.1	Selección del modelo a utilizar.	100
7.2	Metodología para la realización del mapa.....	102
7.3	Realización del mapa y consideraciones especiales por sectores.....	104
7.4	Zonificación de ligantes graduados según PG.	107
7.5	Consideraciones para el aumento del grado del ligante asfáltico.....	112
8	CAPITULO VIII: ANALISIS DE RESULTADOS.....	113
9	CAPITULO IX: CONCLUSIONES	119
9.1	Conclusiones	119
9.2	Recomendaciones.....	122
10	BIBLIOGRAFIA	123
11	ANEXOS	I
11.1	ANEXO A: MAPA DEL RELIEVE DE CHILE CON COTA 2000M.....	II

11.2 ANEXO B: ISOTERMAS MAXIMAS Y MINIMAS DE LAS ZONAS NORTE, CENTRO Y SUR DE CHILE.....	IX
11.3 ANEXO C: DISTRIBUCION DE LAS ESTACIONES EN EL PAIS.....	XVI
11.4 ANEXO D: REGISTRO DE TEMPERATURAS MAXIMAS EN EL PERIODO 1989- 2012, °C.....	XX
11.5 ANEXO E: REGISTRO DE TEMPERATURAS MINIMAS EN EL PERIODO 1989-2012, °C.	XXIX
11.6 ANEXO F: ZONIFICACION DE CHILE SEGÚN GRADO PG RECOMENDADO	XXXVIII

Índice de Figuras

	Página
Figura 2.1: Estructura pavimento flexible.....	5
Figura 2.2: Distribución de una carga vehicular sobre una estructura de pavimento.....	6
Figura 2.3: Flujo del asfalto frente a distintas temperaturas	10
Figura 2.4: “Resorte-Amortiguador” Modelo de comportamiento visco-elástico	11
Figura 2.5: Componentes de la mezcla asfáltica en caliente	13
Figura 2.6: Vacíos en una mezcla asfáltica compactada.....	20
Figura 2.7: Ahuellamiento por debilitamiento de capas pétreas	23
Figura 2.8: Ahuellamiento por mezcla asfáltica débil.....	23
Figura 2.9: Fisuras por bajas temperaturas	26
Figura 3.1: Pasos de la metodología Superpave.....	29
Figura 3.2: Relación de los ensayos de laboratorio Superpave con el desempeño	32
Figura 3.3: Compactador Giratorio Superpave	36
Figura 3.4: Configuración del molde del Compactador Giratorio Superpave	36
Figura 3.5: Curvas típicas de diseño Superpave	37
Figura 3.6: Ensayo Tracción Indirecta	38
Figura 3.7: Horno de película delgada giratoria.....	40
Figura 3.8: Botellas RTFO.....	41
Figura 3.9: Pressure Aging Vessel.....	42
Figura 3.10: Relación de ensayos con tipo de envejecimiento	43
Figura 3.11: Temperaturas de ensaye.....	43
Figura 3.12: Operación del reómetro de corte dinámico.....	45
Figura 3.13: Relación entre deformación y esfuerzo de corte en DSR.....	46
Figura 3.14: Viscosímetro Rotacional.....	47
Figura 3.15: Ensayo de Viga a Flexión.....	49
Figura 3.16: Ensayo de tracción directa	50
Figura 3.17: Características de la especificación Superpave para los grados asfálticos	52
Figura 3.18: Especificaciones según tipo de envejecimiento.....	53
Figura 3.19: Ejemplo de variaciones en las temperaturas máximas y mínimas.....	60
Figura 3.20: Criterios de selección de grado asfáltico según 98% de confianza	60
Figura 5.1 Zonas climáticas de Chile.....	66
Figura 5.2 Macroformas del relieve en Chile.....	67

Figura 5.3 Tipos de isotermas del país.....	70
Figura 5.4 Formas del relieve de la zona norte	71
Figura 5.5 Clasificación climática zona norte.....	72
Figura 5.6 Formas del relieve de la zona central.....	74
Figura 5.7 Clasificación climática de la zona central.....	76
Figura 5.8 Formas del relieve en la zona sur.....	77
Figura 5.9 Clasificación climática de la zona sur.....	79
Figura 7.1 Diferencia entre modelos SHRP1 y LTPP en zona de Santiago.....	102
Figura 7.2 Superposición de información para zonificación en el sector de Copiapó-Caldera.....	105
Figura 7.3 Zonificación de ligantes asfálticos para sector Copiapó-Caldera	105
Figura 7.4 Zonificación de Chile según PG recomendado.....	108

Indice de Tablas

	Página
Tabla 2.1: Especificaciones para los cementos asfálticos según grado de viscosidad	9
Tabla 3.1: Ensayos Superpave y Finalidad	31
Tabla 3.2: Graduación de mezclas Superpave	35
Tabla 3.3: Requisitos de los asfaltos Superpave	54
Tabla 6.1 Caracterización de las estaciones meteorológicas seleccionadas.....	84
Tabla 6.2 Temperaturas máximas de diseño	90
Tabla 6.3 Temperaturas mínimas de diseño.....	95
Tabla 6.4 PG de ligantes asfálticos	96
Tabla 6.5 Clasificación PG para cada estación	99
Tabla 7.1 Situaciones de aumento en el nivel del grado de temperatura máxima del ligante.....	112
Tabla 8.1 Análisis de temperaturas de la zona norte.....	114
Tabla 8.2 Análisis de temperaturas de la zona centro	114
Tabla 8.3 Análisis de temperaturas de la zona sur	114
Tabla 8.4 Clasificación de asfaltos chilenos graduados por desempeño.....	118

Índice de Gráficos

	Página
Gráfico 3.1: Variación de tres asfaltos graduados por viscosidad	30
Gráfico 3.2: Límites de graduación Superpave.....	34
Gráfico 3.3: Comportamiento viscoelástico.....	45
Gráfico 6.1 Distribución de las estaciones en las zonas de Chile	85
Gráfico 8.1 Distribución de grados según SHRP1	115
Gráfico 8.2 Distribución de grados según SHRP2.....	116
Gráfico 8.3 Distribución de grados según LTPP.....	116