

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
RESUMEN.....	12
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	13
1.1 Descripción del contexto	13
1.2 Descripción de la problemática	14
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivo general	15
1.3.2 Objetivos específicos.....	15
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 Origen de los primeros caminos en la civilización.....	16
2.1.1 Antecedentes históricos	16
2.2 Evolución de caminos y rutas a lo largo de la historia	16
2.2.1 Los primeros caminos.....	16
2.2.2 Evolución de las técnicas de construcción de caminos	19
2.3 Primeras rutas en Chile.....	23
2.3.1 Nacimiento de las rutas en Chile	23
2.3.2 Caminos de la independencia	25
2.4 Evolución de los aspectos técnicos de las rutas en Chile	25
2.5 Implementación de las primeras bermas en caminos y rutas de Chile	28
2.6 Implementación de las primeras bermas en rutas y caminos de la Provincia de Talca	30
CAPÍTULO III: GENERALIDADES.....	33
3.1 Sistemas de infraestructura vial.....	33
3.1.1 Dinámica de caminos regionales	39

3.2 Gestión de bermas en rutas de la Provincia de Talca	42
CAPÍTULO IV: REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN Y ESTADÍSTICAS	
DISPONIBLES.....	45
4.1 Antecedentes generales	45
4.1.1 Decretos normativos para confección y mantenimiento de bermas	46
4.1.2 Decretos normativos medio ambientales para bermas en la Provincia.....	50
CAPÍTULO V: SOLICITACIONES QUE AFECTAN A LAS DISTINTAS	
BERMAS DE LA PROVINCIA	61
5.1 Solicitaciones y efectos del tránsito.....	61
5.1.1 Volumen de tránsito	62
5.2 Solicitaciones del medio ambiente y clima	63
5.2.1 Temperatura.....	63
5.2.1.1 Efecto de la temperatura sobre bermas en pavimentos de hormigón	63
5.2.1.2 Efecto de la temperatura en bermas sobre los pavimentos asfálticos	65
5.2.2 Agua	65
5.2.3.1 Efectos de la humedad en bermas de pavimentos de hormigón	66
5.2.3.2 Efectos de la humedad en bermas de pavimentos de asfalto	66
5.3.1 Factores incidentes en la seguridad vial	69
5.3.1.1 Resistencia al deslizamiento.....	70
5.3.1.1.1 Influencia de la lluvia	71
5.3.1.1.2 Influencia del tránsito	72
5.3.1.1.3 Textura superficial del pavimento en bermas.....	72
5.4 Deterioro.....	73
5.4.1 Baches en berma.....	73
5.4.2 Erosión de borde.....	74
5.4.3 Descenso de berma	75
5.4.4 Rompimiento de borde	76

5.4.5	Agrietamiento.....	76
5.4.5.1	Grieta longitudinal.....	77
5.4.5.1.1	Grieta longitudinal angosta.....	77
5.4.5.1.2	Grieta longitudinal media.....	77
5.4.5.1.3	Grieta longitudinal ancha.....	77
5.4.5.2	Grieta transversal.....	78
5.4.5.2.1	Grieta transversal angosta.....	78
5.4.5.2.2	Grieta transversal media.....	78
5.4.5.2.3	Grieta transversal ancha.....	78
5.4.5.3	Grietas en las esquinas.....	79
5.4.5.3.1	Grieta esquina angosta.....	79
5.4.5.3.2	Grieta esquina media.....	79
5.4.5.3.3	Grieta de esquina ancha.....	79
5.4.6	Piel de cocodrilo.....	80
CAPÍTULO VI: ESTUDIO DE CAMPO		81
6.1	Metodología de investigación.....	81
6.2	Catastro de bermas.....	82
6.3	Características a considerar para evaluación de bermas.....	83
6.4	Áreas de estudio.....	84
6.4.1	Ruta M – 40.....	84
6.4.1.1	Cuadro resumen para cada tramo de la Ruta M - 40.....	117
6.4.2	Ruta K – 31.....	125
6.4.2.1	Cuadro resumen por cada tramo de la ruta K – 31.....	138
CAPÍTULO VII: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y COSTO DIRECTO.....		143
7.1	Problemas detectados en bermas inspeccionadas para ruta M – 40 y K - 31.....	143
7.2	Determinación de costos.....	143
7.2.1	Soluciones a considerar.....	143

7.3 Especificaciones técnicas	146
7.4 Precios unitarios	172
7.4.1 Costo directo para ruta M – 40 y K - 31	173
7.5 Problemas estructurales encontrados por tramos analizados para la Ruta M – 40	179
7.6 Problemas estructurales encontrados por tramos analizados para la Ruta K – 31	196
7.7 Análisis técnico y económico	204
CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES	210
BIBLIOGRAFÍA	212

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.- Aumento de red caminera en la década de los 30.	27
Tabla 2.- Elementos que componen la infraestructura de un camino.....	35
Tabla 3.- Caminos nacionales y regionales principales de la Provincia de Talca.	41
Tabla 4.- Datos necesarios para elaboración de estadísticas de infraestructura.	46
Tabla 5.- S.A.C y ancho de bermas.	49
Tabla 6.- Categorización impactos ambientales.....	52
Tabla 7.- Impacto medioambiental de proyectos viales en etapa de construcción.....	53
Tabla 8.- Impacto medioambiental de proyectos viales en etapa de mantenimiento y explotación..	54
Tabla 9.- Impacto medioambiental en la etapa de diseño de un proyecto vial.....	56
Tabla 10.- Impacto medioambiental de las capas granulares un proyecto vial.	57
Tabla 11.- Impacto medioambiental del revestimiento y pavimentación en un proyecto vial.	58
Tabla 12.- Efectos de temperaturas en pavimentos asfálticos.....	65
Tabla 13.- Condiciones de drenaje para la remoción de aguas.	68
Tabla 14.- Parámetros de condición para análisis de bermas.	83
Tabla 15.- Características de bermas en tramo I.	117
Tabla 16.- Características de bermas en tramo II.	118
Tabla 17.- Características de bermas en tramo III.....	118
Tabla 18.- Características de bermas en tramo IV.	119
Tabla 19.- Tabla resumen parámetro de condición tramo I.	121
Tabla 20.- Tabla resumen parámetro de condición tramo II.	122
Tabla 21.-Tabla resumen parámetro de condición tramo III.....	123
Tabla 22.- Tabla resumen parámetro de condición tramo IV.....	124
Tabla 23.- Características de bermas en tramo I ruta K - 31.....	138
Tabla 24.- Características de bermas en tramo II ruta K – 31.....	138
Tabla 25.- Características de bermas en tramo III ruta K - 31.	139
Tabla 26.- Características de bermas en tramo IV ruta K – 31.	139
Tabla 27.- Tabla resumen parámetro de condición tramo I ruta K – 31.	140
Tabla 28.- Tabla resumen parámetro de condición tramo II ruta K -31.....	141
Tabla 29.- Tabla resumen parámetro de condición tramo III ruta K – 31.....	142
Tabla 30.- Tabla resumen parámetro de condición tramo IV ruta K – 31.....	142

Tabla 31.- Soluciones constructivas a implementar por deterioro identificado.	145
Tabla 32.- Sueldo liquido por día para cada especialidad.	172
Tabla 33.- Detalle leyes sociales.	173
Tabla 34.- Detalle precio unitario sello de juntas y grietas.	174
Tabla 35.- Detalle precio unitario riego de neblina.	174
Tabla 36.- Detalle precio unitario bacheo superficial manual con mezcla en caliente.	175
Tabla 37.- Detalle precio unitario sello tipo lechada asfáltica.	175
Tabla 38.- Detalle precio unitario remoción estructura.	176
Tabla 39.- Detalle precio unitario preparación de la subrasante.	176
Tabla 40.- Detalle precio unitario imprimación asfáltica.	177
Tabla 41.- Detalle precio unitario base granular chancada.	177
Tabla 42.- Detalle precio unitario riego de liga.	178
Tabla 43.- Detalle precio unitario concreto asfáltico de rodadura.	178
Tabla 44.- Análisis costo directo tramo km 1 a km 1,5 ruta M -40.	179
Tabla 45.- Análisis costo directo tramo km 1,5 a km 2 ruta M -40.	180
Tabla 46.- Análisis costo directo tramo km 2 a km 2,5 ruta M -40.	180
Tabla 47.- Análisis costo directo tramo km 2,5 a km 4 ruta M -40.	181
Tabla 48.- Análisis costo directo tramo km 4 a km 4,5 ruta M -40.	181
Tabla 49.- Análisis costo directo tramo km 4,5 a km 5 ruta M -40.	182
Tabla 50.- Análisis costo directo tramo km 5,7 a km 7,9 ruta M -40.	183
Tabla 51.- Análisis costo directo tramo km 7,9 a km 8,3 ruta M -40.	183
Tabla 52.- Análisis costo directo tramo km 8,3 a km 10 ruta M -40.	184
Tabla 53.- Análisis costo directo tramo km 10 a km 11,2 ruta M -40.	184
Tabla 54.- Análisis costo directo tramo km 11,2 a km 12 ruta M -40.	185
Tabla 55.- Análisis costo directo tramo km 12 a km 13 ruta M -40.	185
Tabla 56.- Análisis costo directo tramo km 13 a km 15 ruta M -40.	186
Tabla 57.- Análisis costo directo tramo km 15 a km 16 ruta M -40.	186
Tabla 58.- Análisis costo directo tramo km 16 a km 17 ruta M -40.	187
Tabla 59.- Análisis costo directo tramo km 19 a km 22 ruta M -40.	188
Tabla 60.- Análisis costo directo tramo km 22 a km 24 ruta M -40.	188
Tabla 61.- Análisis costo directo tramo km 24 a km 24,6 ruta M -40.	189
Tabla 62.- Análisis costo directo tramo km 24,6 a km 26 ruta M -40.	190
Tabla 63.- Análisis costo directo tramo km 26 a km 27 ruta M -40.	190
Tabla 64.- Análisis costo directo tramo km 27 a km 28,4 ruta M -40.	191

Tabla 65.- Análisis costo directo tramo km 28,4 a km 29,5 ruta M -40.....	192
Tabla 66.- Análisis costo directo tramo km 29,5 a km 31 ruta M -40.....	192
Tabla 67.- Análisis costo directo tramo km 31 a km 36 ruta M -40.....	193
Tabla 68.- Análisis costo directo tramo km 36 a km 38,4 ruta M -40.....	194
Tabla 69.- Análisis costo directo tramo km 38,4 a km 40 ruta M -40.....	194
Tabla 70.- Análisis costo directo tramo km 40 a km 46 ruta M -40.....	195
Tabla 71.- Análisis costo directo tramo km 0,5 a km 1 ruta K -31.	197
Tabla 72.- Análisis costo directo tramo km 1 a km 4 ruta K -31.	197
Tabla 73.- Análisis costo directo tramo km 4 a km 5 ruta K -31.	198
Tabla 74.- Análisis costo directo tramo km 5 a km 8 ruta K -31.	198
Tabla 75.- Análisis costo directo tramo km 8,5 a km 10 ruta K -31.	199
Tabla 76.- Análisis costo directo tramo km 10 a km 13 ruta K -31.	200
Tabla 77.- Análisis costo directo tramo km 13 a km 15 ruta K -31.	200
Tabla 78.- Análisis costo directo tramo km 15 a km 17 ruta K -31.	201
Tabla 79.- Detalle costo directo total ruta M – 40.....	202
Tabla 80.- Detalle costo directo total ruta K – 31.	203

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.- Reino de Mesopotamia 3.000 A. C.....	17
Figura 2.- Rudimentaria rueda de madera, Mesopotamia 3.000 A. C.....	18
Figura 3.- Camino Real, Reino Persa Siglo VI A. C.....	18
Figura 4.- Vía Appia, Siglo IV a.C, Roma.	20
Figura 5.- Diseño de vías principales en Roma.....	21
Figura 6.- Sección de una calzada de acuerdo con la descripción de Vitrubio.	21
Figura 7.- Componentes de Infraestructura vial.....	33
Figura 8.- Ubicación dentro de la calzada de los elementos de infraestructura vial.	36
Figura 9.- Numeración de caminos nacionales.	37
Figura 10.- Numeración asignada a cada provincia del país.....	38
Figura 11.- Distribución de la capa de rodadura en la red vial nacional.	61
Figura 12.- Efecto de curvatura producido en las losas por efectos de temperatura.	64
Figura 13.- Bacheo en berma de asfalto.....	74
Figura 14.- Erosión de borde y bacheo en una berma.	75
Figura 15.- Descenso de bermas con respecto a la calzada.....	75
Figura 16.- Rompimiento de borde.	76
Figura 17.- Grieta Longitudinal.	77
Figura 18.- Grieta Transversal.	78
Figura 19.- Grieta Esquina.	79
Figura 20.- Falla piel de cocodrilo en pavimento asfáltico en bermas.....	80
Figura 21.- Ruta M – 40.....	84
Figura 22.- Ruta M – 40 vista en relieve.....	85
Figura 23.- Km 0 ruta M – 40.	87
Figura 24.- Berma Izquierda Tramo 0 – 1 ruta M – 40.....	87
Figura 25.- Berma Derecha Tramo 0 – 1 ruta M – 40.....	87
Figura 26.- Berma Izquierda Tramo 1 – 1,5 ruta M - 40.....	88
Figura 27.- Berma Derecha Tramo 1 – 1,5 ruta M - 40.	88
Figura 28.- Berma Izquierda Tramo 1,5 - 2 ruta M - 40.	89
Figura 29.- Berma Derecha Tramo 1,5 – 2 ruta M - 40.	89
Figura 30.- Berma Izquierda Tramo 2 – 2,5 ruta M - 40.....	90

Figura 31.- Berma Derecha Tramo 2 – 2,5 ruta M - 40.	90
Figura 32.- Berma Izquierda Tramo 2,5 - 4 ruta M – 40.....	91
Figura 33.- Berma Derecha Tramo 2,5 – 4 ruta M – 40.....	91
Figura 34.- Berma Derecha Tramo 4 – 4,5 ruta M - 40.	92
Figura 35.- Berma Izquierda Tramo 4 – 4,5 ruta M – 40.	92
Figura 36.- Berma Izquierda Tramo 4,5 – 5 ruta M – 40.	93
Figura 37.- Berma Derecha Tramo 4,5 – 5 ruta M - 40.	93
Figura 38.- Berma Derecha Tramo 5 – 5,7 ruta M – 40.....	94
Figura 39.- Berma Izquierda Tramo 5 – 5,7 ruta M – 40.	94
Figura 40.- Berma Izquierda Tramo 5,7 – 9 ruta M - 40.....	95
Figura 41.- Berma Derecha Tramo 5,7 – 7,9 ruta M - 40.	95
Figura 42.- Berma Izquierda Tramo 7,9 – 8,3 ruta M - 40.....	96
Figura 43.- Berma Derecha Tramo 7,9 – 8,3 ruta M - 40.	96
Figura 44.- Berma Izquierda Tramo 8,3 – 10 ruta M - 40.....	97
Figura 45.- Berma Derecha Tramo 8,3 – 10 ruta M - 40.	97
Figura 46.- Km 10 ruta M - 40.....	97
Figura 47.- Berma Izquierda Tramo 10 – 11,2 ruta M - 40.....	98
Figura 48.- Berma Derecha Tramo 10 – 11,2 ruta M - 40.	98
Figura 49.- Berma Derecha Tramo 11 – 12 ruta M - 40.	99
Figura 50.- Berma Derecha Tramo 10 – 11,2 ruta M – 40.....	99
Figura 51.- Berma Derecha Tramo 12 – 13 ruta M - 40.	100
Figura 52.- Berma Derecha Tramo 12– 13 ruta M - 40.	100
Figura 53.- Berma Derecha Tramo 13 – 15 ruta M – 40.....	101
Figura 54.- Berma Izquierda Tramo 13 – 15 ruta M - 40.....	101
Figura 55.- Espesor pavimento asfáltico tramo 13 – 15 ruta M - 40.....	101
Figura 56.- Berma Izquierda Tramo 13 – 15 ruta M - 40.....	102
Figura 57.- Berma Derecha Tramo 15 – 16 ruta M – 40.....	102
Figura 58.- Berma Derecha Tramo 16 – 17 ruta M - 40.	103
Figura 59.- Berma Derecha Tramo 16 – 17 ruta M – 40.....	103
Figura 60.- Zarpa Izquierda Tramo 17 – 19 ruta M – 40.	104
Figura 61.- Zarpa Derecha Tramo 17 – 19 ruta M - 40.....	104
Figura 62.- Berma Izquierda Tramo 19 – 22 ruta M – 40.....	105
Figura 63.- Berma Derecha Tramo 19 – 22 ruta M – 40.....	105
Figura 64.- Berma Izquierda Tramo 22 – 24 ruta M – 40.....	106

Figura 65.- Berma Derecha Tramo 22 – 24 ruta M – 40.....	106
Figura 66.- Berma Izquierda Tramo 24 – 24,6 ruta M – 40.....	107
Figura 67.- Berma Derecha Tramo 24 – 24,6 ruta M – 40.....	107
Figura 68.- Berma izquierda Tramo 24,6 – 26 ruta M – 40.....	108
Figura 69.- Berma Derecha Tramo 24,6 – 26 ruta M – 40.....	108
Figura 70.- Km 25 ruta M – 40.....	108
Figura 71.- Berma Izquierda Tramo 26 – 27 ruta M – 40.....	109
Figura 72.- Berma Derecha Tramo 26 – 27 ruta M – 40.....	109
Figura 73.- Berma Izquierda Tramo 27 – 28,4 ruta M – 40.....	110
Figura 74.- Berma Derecha Tramo 27 – 28,4 ruta M – 40.....	110
Figura 75.- Berma Izquierda Tramo 28,4 – 29,5 ruta M – 40.....	111
Figura 76.- Berma Derecha Tramo 28,4 – 29,5 ruta M – 40.....	111
Figura 77.- Berma Izquierda Tramo 29,5 – 31 ruta M – 40.....	112
Figura 78.- Berma Derecha Tramo 29,5 – 31 ruta M – 40.....	112
Figura 79.- Berma Derecha Tramo 31 – 36 ruta M – 40.....	113
Figura 80.- Berma Izquierda Tramo 31 – 36 ruta M – 40.....	113
Figura 81.- Berma Derecha Tramo 36 – 38,4 ruta M – 40.....	114
Figura 82.- Ruta M – 40.....	114
Figura 83.- Berma Izquierda Tramo 38,4 – 40 ruta M – 40.....	115
Figura 84.- Berma Derecha Tramo 38,4 – 40 ruta M – 40.....	115
Figura 85.- Berma Izquierda y Derecha Tramo 38,4 – 40 ruta M – 40.....	116
Figura 86.- Ruta M – 40.....	116
Figura 87.- Ruta K – 31.....	125
Figura 88.- Ruta K – 31 vista en relieve.....	126
Figura 89.- Berma Derecha Tramo 0 – 0,5 ruta K – 31.....	128
Figura 90.- Berma Izquierda Tramo 0 – 0,5 ruta K – 31.....	128
Figura 91.- Berma Izquierda Tramo 0,5 – 1 ruta K – 31.....	129
Figura 92.- Berma Derecha Tramo 0,5 – 1 ruta K – 31.....	129
Figura 93.- Berma Izquierda Tramo 1 – 4 ruta K – 31.....	130
Figura 94.- Berma Derecha Tramo 1 – 4 ruta K – 31.....	130
Figura 95.- Berma Derecha Tramo 4 – 5 ruta K – 31.....	131
Figura 96.- Berma Izquierda Tramo 4 – 5 ruta K – 31.....	131
Figura 97.- Berma Izquierda Tramo 5 – 8 ruta K – 31.....	132
Figura 98.- Berma Derecha Tramo 5 – 8 ruta K – 31.....	132

Figura 99.- Berma Derecha Tramo 8 – 8,5 ruta K – 31	133
Figura 100.- Berma Izquierda Tramo 8 – 8,5 ruta K – 31.....	133
Figura 101.- Berma Izquierda Tramo 8 – 8,5 ruta K – 31.....	133
Figura 102.- Berma Derecha Tramo 8,5 – 10 ruta K – 31	134
Figura 103.- Berma Derecha Tramo 8,5 – 10 ruta K – 31	134
Figura 104.- Ruta K – 31.....	135
Figura 105.- Berma Derecha Tramo 10 – 13 ruta K – 31	135
Figura 106.- Berma Derecha Tramo 10 – 13 ruta K – 31	135
Figura 107.- Berma Derecha Tramo 13 – 15 ruta K – 31	136
Figura 108.- Berma Derecha Tramo 13 – 15 ruta K – 31	136
Figura 109.- Berma Derecha Tramo 15 – 17 ruta K – 31	137
Figura 110.- Berma Derecha Tramo 15 – 17 ruta K – 31	137