

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“ANÁLISIS DEL DIMENSIONAMIENTO DE PAVIMENTOS
RÍGIDOS ULTRADELGADOS CON EL SOFTWARE OPTIPAVE EN
CAMINOS DE BAJO TRÁFICO APLICADO A LA COMUNIDAD
COLONIA JOSÉ MARÍA LINARES-BERMEJO”**

POR:

LUIS EDIBERTO IPORRE RENGIFO

Trabajo de grado presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA**
“JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el Grado Académico de
Licenciatura en Ingeniería Civil

SEMESTRE I – 2023

TARIJA - BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

**“ANÁLISIS DEL DIMENSIONAMIENTO DE PAVIMENTOS
RÍGIDOS ULTRADELGADOS CON EL SOFTWARE OPTIPAVE EN
CAMINOS DE BAJO TRÁFICO APLICADO A LA COMUNIDAD
COLONIA JOSÉ MARÍA LINARES-BERMEJO”**

LUIS EDIBERTO IPORRE RENGIFO

CIV-502-PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL II

SEMESTRE I – 2023

TARIJA - BOLIVIA

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A mis padres Francisca y Miguel quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre. A mis hermanos Betty, Sonia y Carlos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia y amistades porque con sus consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en cumplir mis metas.

ÍNDICE
CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3.1. Situación Problemática	3
1.3.2. Problema	4
1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO DE APLICACIÓN.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. DISEÑO METODOLÓGICO.....	5
1.5.1. Componentes.....	5
1.5.1.1. Unidades de estudio	5
1.5.1.2. Población.....	5
1.5.1.3. Muestra	6
1.5.1.4. Muestreo	6
1.6. MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS.....	7
1.6.1. Método seleccionado	7
1.6.2. Técnicas empleadas	7
1.6.4. Esquema de la metodología	9
1.6.5. Aplicación de instrumentos y equipos	9
1.7. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	12
1.8. ALCANCE.....	13

CAPÍTULO II
PROPIEDADES GENERALES DE LOS PAVIMENTO RÍGIDOS Y
ULTRADELGADOS

	Página
2.1. DEFINICIÓN DE PAVIMENTOS.....	15
2.2. CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS.....	16
2.2.1. Pavimento flexible.....	16
2.3.1.1. Sub-base.....	17
2.3.1.2. Base.....	18
2.3.1.3. Carpeta.....	19
2.3.2. Pavimentos rígidos.....	19
2.3.2.2. Sub-base.....	19
2.3.2.3. Losa.....	20
2.4. LOS AGREGADOS PÉTREOS.....	20
2.4.1. Elección de los bancos de material.....	21
2.4.1.1. Clasificación según su procedencia.....	22
2.5. PROPIEDADES DEL CONCRETO.....	24
2.5.1. Propiedades del concreto fresco.....	24
2.5.1.1. Trabajabilidad.....	24
2.5.1.2. Exudación.....	25
2.5.1.3. Tiempo de fraguado.....	25
2.5.2. Propiedades del concreto endurecido.....	25
2.5.2.1. Resistencia.....	25
2.5.2.2. Impermeabilidad y estanquidad.....	25
2.5.2.3. Estabilidad de volumen y control de fisuración.....	25
2.5.2.4. Durabilidad.....	26
2.6. JUNTAS EN UN PAVIMENTO RÍGIDO.....	26
2.6.1. Tipos de juntas.....	26
2.6.2. Junta longitudinal de construcción.....	26
2.6.3. Junta longitudinal de contracción.....	27
2.6.4. Juntas de contracción en el hormigón fresco.....	28
2.6.5. Juntas de contracción en el hormigón endurecido.....	28

2.6.6. Juntas transversales de construcción	28
2.6.7. Juntas transversales de expansión.....	29
2.6.8. Junta transversal de contracción.....	30
2.6.9. Juntas de expansión-aislamiento	31
2.6.10. Sellado de juntas en pavimentos de concreto	32
2.6.10.1. Materiales para el sello	33
2.7. FISURACIÓN DEL CONCRETO	34
2.7.1. Fisuras estabilizadas	34
2.7.2. Fisuras en movimiento.....	34
2.7.3. Fisuras estructurales	34
2.7.4. Fisuras causadas por fuerzas externas	35
2.7.5. Fisuras causadas por el reforzamiento de acero	35
2.7.6. Fisuras en estado plástico	36
2.7.7. Fisuras en estado sólido.....	36
2.8. DOSIFICACIÓN PARA EL HORMIGÓN POR EL MÉTODO ACI-211	37
2.8.1. Características de los agregados	37
2.8.2. Características del diseño	37
2.8.3. Datos de las tablas	39
2.8.4. Cálculos	40
2.8.5. Pesos secos de los ingredientes por (m ³) de concreto	41
2.8.6. Pesos húmedos de los materiales.....	41
2.8.7. Corrección del agua	42
2.8.8. Pesos húmedos de los ingredientes por (m ³) de hormigón.....	43
2.8.9. Proporciones de mezcla (adimensional).....	43
2.9. GUÍA DE DISEÑO OPTIPAVE.....	43
2.9.1. Parámetros de diseño del tipo de pavimento	44
2.9.1.1. Vida de diseño	44
2.9.1.2. Largo de losa	45
2.9.1.3. Espesor de la losa de hormigón	45
2.9.1.4. Tipo de borde.....	45
2.9.1.5. Sobreancho en las losas	46
2.9.1.6. Barras de transferencia de carga.....	46

2.9.1.7. Interfaz pavimento-base	46
2.9.1.8. IRI inicial	46
2.9.1.9. Porcentaje de losas agrietadas	46
2.9.1.10. IRI final de diseño	47
2.9.10.11. Escalonamiento promedio final de diseño	47
2.9.1.12. Confiabilidad	47
2.9.2. Tráfico	48
2.9.2.1. Tráfico por ejes equivalentes	48
2.9.2.2. Espectro de carga	49
2.9.2.3. Tasa de crecimiento:	50
2.9.2.4. Tipo de tráfico:	50
2.9.2.4.1. Clasificación de la federal Highway Administration:	50
2.9.2.4.2. Clasificación de la American Concrete Pavement Association (ACPA)	52
2.9.2.5. Distribución lateral del tráfico	52
2.9.2.6. Efecto de soleras y sobreebanco en la distribución lateral del tráfico	53
2.9.3. Propiedades del hormigón	54
2.9.3.1. Resistencia del hormigón	54
2.9.3.2. Confiabilidad de la mezcla de hormigón	55
2.9.3.4. Aumento de resistencia 28-90 días	55
2.9.3.5. Módulo de elasticidad del hormigón	55
2.9.3.6. Resistencia residual del hormigón con fibra	56
2.9.3.7. Peso específico del hormigón	56
2.9.3.8. Módulo de Poisson	56
2.9.3.9. Coeficiente de expansión térmico	56
2.9.3.10. Retracción del hormigón a 365 días	56
2.9.3.11. Contenido de aire	57
2.9.3.12. Relación agua/cemento	57
2.9.4. Suelo	57
2.9.4.1. Número de capas	57
2.9.4.2. Método de ensayo de suelos	58
2.9.4.3. Módulo resiliente de la capa	58

2.9.4.4. Módulo de Poisson	58
2.9.4.5. Espesor de la capa.....	58
2.9.4.6. Resistencia a la erosión.....	58
2.9.4.7. Coeficiente de fricción pavimento-base	59
2.9.4.8. Porcentaje de material fino en la subrasante.....	59
2.9.4.9. Procesamiento de los parámetros del soporte del suelo	59
2.9.4.10. Método K-Sem	59
2.9.5. Clima	61
2.9.5.1. Gradiente de construcción	61
2.9.5.2. Temperatura media de invierno	62
2.9.5.3. Temperatura media de verano	62
2.9.5.4. Temperatura fraguada del hormigón	62
2.9.5.5. Número de días al año con precipitaciones	62
2.9.5.6. Índice de congelamiento de la base	62
2.10. DOCUMENTACIÓN OPTIPAVE 2.....	62
2.10.1. Mecanismos de falla de un pavimento	62
2.10.1.1. Agrietamiento transversal en el tercio central de la losa	63
2.10.1.2. Agrietamiento longitudinal.....	63
2.10.1.3. Agrietamiento de esquina	63
2.10.1.4. Escalonamiento en la junta	63
2.10.1.5. Rugosidad (IRI)	64
2.11. ESFUERZOS PRODUCIDOS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS	64
2.11.1. Esfuerzos producidos por las cargas de tránsito	65
2.11.2. Esfuerzos producidos por cambios de temperatura	66
2.11.2.1. Alabeo provocado por gradiente térmico	66
2.11.2.2. Contracción durante el fraguado.....	68
2.11.2.3. Expansión y contracción de las losas	69
2.11.3. Esfuerzos producidos por cambios de temperatura	70
2.11.3.1. Alabeo por cambios de humedad.....	70
2.12. TIPOS DE TRÁFICO VEHICULAR.....	71
2.12.1. Tránsito promedio diario (TPD).....	71
2.12.2. Tránsito promedio horario (TPH).....	71

2.13. PAVIMENTOS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁFICO.....	72
2.13.1. Nivel de tránsito de vehículos para caminos de bajo volumen.....	72
2.14. PAVIMENTOS ULTRADELGADOS.....	75
2.14.1. Ventajas de los pavimentos ultradelgados.....	77
2.15. SOFTWARE OPTIPAVE 2	78
2.15.1. VENTANAS DEL PROGRAMA	79
2.16. FIBRAS METÁLICAS	81
2.16.1. Concepto.....	81
2.16.2. Clasificación de las fibras.....	81
2.16.4. Ventajas del uso de fibras metálicas.....	83
2.16.5. Desventajas del uso de fibras metálicas	84
2.16.6. Características de las fibras en el concreto endurecido	85
2.16.7. Características mecánicas de las fibras en el hormigón endurecido.....	86
2.16.7.1. Resistencia a tracción.....	86
2.16.7.2. Resistencia a compresión	87
2.16.7.3. Resistencia a flexo-tracción.....	87
2.16.7.4. Resistencia a cargas dinámicas (impacto)	89
2.16.7.5. Módulo de deformación.....	89
2.16.7.6. Deformación	89
2.16.7.7. Tenacidad.....	89
2.16.7.8. Cortante y torsión	90
2.16.7.9. Punzonamiento	90
2.16.7.10. Adherencia fibras-matriz	90
2.17. APLICACIÓN DE PAVIMENTOS ULTRADELGADO CON FIBRAS.....	92
2.17.1. Aplicación del método en Chile	92

CAPÍTULO III

PROYECTO DE APLICACIÓN USO DE PAVIMENTO ULTRADELGADO PARA CALLES DE BAJO TRÁFICO

	Página
3.1. UBICACIÓN DEL LUGAR EN ESTUDIO	96
3.2. RESUMEN CLIMATOLÓGICO	97
3.3. ESTUDIO DE SUELOS DE LA SUBRASANTE	98
3.3.1. Granulometría del suelo	99
3.3.4. Compactación Próctor T-180	100
3.3.5. Ensayo de relación soporte de California (CBR)	102
3.4. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES	107
3.4.1. Selección del material granular	107
3.4.2. Granulometría de los agregados	107
3.4.3. Peso específico del agregado	111
3.4.4. Peso unitario de los agregados	112
3.4.5. Finura del cemento	115
3.4.6. Peso específico del cemento	116
3.5. DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN POR EL MÉTODO ACI-211	117
3.5.1. Características de los agregados	117
3.5.2. Características del diseño	117
3.5.3. Datos de tablas	118
3.5.4. Cálculos	118
3.5.5. Pesos secos de los ingredientes por m ³ de concreto	120
3.5.6. Pesos húmedos de los materiales	120
3.5.7. Corrección del agua	121
3.5.8. Pesos de los ingredientes por m ³ de hormigón	122
3.5.9. Proporciones de mezcla	122
3.5.10. Dosificación para las probetas cilíndricas	122
3.5.11. Dosificación para las vigas	124
3.6. USO DEL SOFTWARE OPTIPAVE PARA EL CÁLCULO DEL ESPESOR DEL PAVIMENTO ULTRADELGADO	126
3.6.2. Detalles de diseño	130

3.6.2.1. Hormigón.....	132
3.6.3. Resultados del espesor de la losa ultradelgada.....	133
3.7. CÁLCULO DEL ESPESOR DE LOSA DE MANERA TRADICIONAL MÉTODO AASHTO 1993.....	133
3.8. CONSTRUCCIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS Y VIGAS.....	141
3.9. PRUEBAS DE RESISTENCIA DEL HORMIGÓN.....	144
3.9.1. Resultados del ensayo de resistencia a compresión de probetas cilíndricas.....	146
3.9.2. Resultados del ensayo de resistencia a flexo-tracción de vigas rectangulares ...	147
3.10. ANÁLISIS DEL ESPESOR CALCULADO (SOFTWARE OPTIPAVE).....	148
3.10.1. Valor - K.....	148
3.10.2. Resistencia del hormigón.....	149
3.10.3. Vida de diseño	150
3.10.4. Confiabilidad	151
3.11. COMPARACIÓN DE ESPESORES CALCULADOS.....	151
3.12. PRECIOS UNITARIOS PARA PAVIMENTO RÍGIDO (1M ² DE HORMIGÓN).....	152

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
4.1. CONCLUSIONES.....	159
4.2. RECOMENDACIONES	162

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

- Anexo 1 Ensayos de laboratorio
- Anexo 2 Aforo de vehículos
- Anexo 3 Ficha técnica de las fibras y agregados pétreos
- Anexo 4 Manual investigativo de losas ultradelgadas
- Anexo 5 Cartas de solicitud

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1. Esquema del procedimiento de la aplicación.	9
Figura 1.2. Aforo manual.....	9
Figura 1.3. Probetas	10
Figura 1.4. Flexómetro.....	10
Figura 1.5. Máquina de ensayo de compresión.....	10
Figura 1.6. Hormigonera.....	11
Figura 1.7. Enrasadora metálica.....	11
Figura 1.8. Tamices.....	11
Figura 1.9. Balanza	12
Figura 1.10. Cono holandés	12
Figura 2.1. Transmisión de carga a la carpeta estructural.....	15
Figura 2.2. Capas de un pavimento.....	16
Figura 2.3. Capas de un pavimento.....	17
Figura 2.4. Capa sub base	18
Figura 2.5. Capa base.....	18
Figura 2.6. Capa de rodadura.....	19
Figura 2.7. Capa de rodadura.....	20
Figura 2.8. Extracción natural de agregados.....	22
Figura 2.9. Chancadora de agregados	23
Figura 2.10. Detallamiento de una junta longitudinal de construcción	27
Figura 2.11. Detallamiento de una junta longitudinal de contracción	28
Figura 2.12. Detallamiento de juntas transversales de construcción	29
Figura 2.13. Detallamiento de juntas transversales de construcción	29
Figura 2.14. Detallamiento de juntas transversales de expansión	30
Figura 2.15. Detallamiento de junta transversal de contracción	30
Figura 2.16. Junta de expansión.....	31
Figura 2.17. Detallamiento de junta de expansión.....	32
Figura 2.18. Obrero realizando el sellado de un pavimento	33
Figura 2.19. Distribución lateral típica de un pavimento de hormigón	52

Figura 2.20. Distribución lateral para un pavimento con solera en el borde.....	53
Figura 2.21. Distribución lateral del tráfico para un pavimento con sobreancho.....	53
Figura 2.22. Efecto de la desviación estándar durante la producción de hormigón.....	55
Figura 2.23. Retracción típica del hormigón en el tiempo.....	57
Figura 2.24. Esquema de un sistema multicapas.....	60
Figura 2.25. Diagrama de Flujo del Método de Diseño utilizando Optipave.....	64
Figura 2.26. Localización de cargas en un pavimento.....	66
Figura 2.27. Carta de Bradbury para la determinación de C, C1 y C2.....	68
Figura 2.28. Alabeo provocado por gradiente térmico.....	68
Figura 2.29. Esfuerzos de fricción en el pavimento.....	69
Figura 2.30. Alabeos causados por la humedad.....	71
Figura 2.31. Estructura de un pavimento ultradelgado.....	77
Figura 2.32. Curado del pavimento ultradelgado.....	78
Figura 2.33. Información del proyecto.....	79
Figura 2.34. Información del tráfico.....	79
Figura 2.35. Detalles de diseño.....	80
Figura 2.36. Detalles de diseño.....	80
Figura 2.37. Diseño del nuevo pavimento.....	80
Figura 2.38. Fibra metálica Wirand.....	81
Figura 2.39. Resistencia de las fibras a diferentes situaciones desfavorables.....	86
Figura 2.40. Curvas tensión de tracción-alargamiento de morteros en función del volumen de fibras “vf” a tracción directa.....	86
Figura 2.41. Ejemplo de gráfica carga-deformación para hormigones con diferentes cuantías de refuerzo con fibras.....	87
Figura 2.42. Curva carga-flecha a flexo-tracción para un HRFA.....	88
Figura 2.43. Comportamiento a flexión del hormigón con fibras.....	88
Figura 2.44. Revista chilena “Hormigón al día”.....	93
Figura 2.45. Camino Mahuidache Misión Inglesa (Chile).....	94
Figura 2.46. Ruta Quilamuta - La Manga (Chile).....	95
Figura 2.47. Cruce Ruta 7 Bahía Murta.....	95
Figura 3.1. Vista satelital de la Comunidad Colonia José María Linares.....	96
Figura 3.2. Calle principal de ingreso a la comunidad.....	97

Figura 3.3. Puntos de extracción muestras	98
Figura 3.4. Juego de tamices y balanza	99
Figura 3.5. Curva granulométrica	100
Figura 3.6. Curva de compactación	101
Figura 3.7. Curva de compactación	102
Figura 3.8. Curva carga vs Penetración	104
Figura 3.9. CBR vs Peso unitario	104
Figura 3.10. Curva carga vs Penetración	106
Figura 3.11. Curva CBR vs Peso unitario	106
Figura 3.12. Tamizado en el Rop-Tap	108
Figura 3.13. Agregado fino y agregado grueso	108
Figura 3.14. Curva granulométrica del agregado fino	109
Figura 3.15. Curva granulométrica del agregado grueso	110
Figura 3.16. Peso específico de la arena	111
Figura 3.17. Peso unitario de la grava	113
Figura 3.18. Peso unitario de la grava	113
Figura 3.19. Muestra de cemento	115
Figura 3.20. Vaciamos el cemento en gasolina	116
Figura 3.21. Información de proyecto	126
Figura 3.22. Uso del software	126
Figura 3.23. Categoría de tráfico del software	127
Figura 3.24. Categoría de tráfico	128
Figura 3.25. Cálculo de camiones por día	128
Figura 3.26. Cálculo de total de camiones	128
Figura 3.27. Taza de crecimiento vehicular	129
Figura 3.28. Vida de diseño	129
Figura 3.29. Distribución de dirección	129
Figura 3.30. Distribución de carriles de diseño	130
Tabla 3.24. Serviciabilidad final	130
Figura 3.31. Serviciabilidad final	131
Figura 3.32. Confiabilidad	131
Figura 3.33. Módulo de resiliente de la subrasante	131

Figura 3.34. Porcentaje de losas agrietadas	132
Figura 3.35. Módulo de reacción k estático	132
Figura 3.36. Resistencia a flexión	133
Figura 3.37. Resultado del dimensionamiento	133
Figura 3.38. Módulo compuesto de reacción de la subrasante	139
Figura 3.39. Gráfico para corrección del módulo efectivo de reacción de subrasante.	140
Figura 3.40. Ventana del software para diseño de pavimentos AASHTO 1993	141
Figura 3.41. Agregados pétreos, fibra y moldes	142
Figura 3.42. Vaciado de material a la mezcladora	142
Figura 3.43. Hormigón obtenido con fibras metálicas	143
Figura 3.44. Ensayo del asentimiento de cono de Abrams	143
Figura 3.45. Vaciado del hormigón en los moldes	144
Figura 3.46. Moldes terminados	144
Figura 3.47. Pesado de los moldes	145
Figura 3.48. Rotura de probetas cilíndricas y vigas	145
Figura 3.49. Resultados de las pruebas a compresión	146
Figura 3.50. Resultados de las pruebas a flexo-tracción	147
Figura 3.51. Efecto K relación de la subrasante vs sobre el espesor	148
Figura 3.52. Efecto de la resistencia a flexión vs espesor	149
Figura 3.53. Efecto de la vida útil del diseño vs espesor	150
Figura 3.54. Efecto de la confiabilidad en 15% de losas agrietadas vs espesor	151

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1. Clasificación del suelo	24
Tabla 2.2. Dimensiones de junta longitudinal de construcción (MINVU, 2008)	27
Tabla 2.3. Dimensiones de junta transversal de contracción	31
Tabla 2.4. Datos de los agregados pétreos	37
Tabla 2.5. Resistencia de diseño	37
Tabla 2.6. Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción y sistemas de colocación y compactación	38

Tabla 2.7. Correspondencia entre la resistencia a la compresión a los 28 días y la relación agua-cemento para los cementos Portland tipo I, en hormigones sin aire incluido	38
Tabla 2.8. Volumen de agregado grueso, seco y compactado con varilla (a), por volumen de hormigón para diferentes módulos de finura de la arena (b) ...	39
Tabla 2.9. Requerimiento Aproximado de agua de mezclado para diferentes asentamientos y tamaños máximos de agregado, con partículas de forma redondeada y textura lisa, en hormigón sin aire incluido	39
Tabla 2.10. Pesos secos de los ingredientes	41
Tabla 2.11. Pesos húmedos de los ingredientes.....	43
Tabla 2.12. Vida de diseño recomendado según clasificación del pavimento	44
Tabla 2.13. Tipos de borde y su efecto en términos de soporte y circulación del tráfico	45
Tabla 2.14. Valores recomendados porcentaje máximo admisible de losas agrietadas según la clasificación de la vía	46
Tabla 2.15. Confiabilidad según la clasificación de la vía	48
Tabla 2.16. Grupo de clasificación de tráfico recomendado según uso del pavimento..	50
Tabla 2.17. Grupo de clasificación de tráfico recomendado según uso del pavimento según tipo de vehículos.....	51
Tabla 2.18. Tipos de tráfico	52
Tabla 2.19. Valores por defecto de las distancias entre el borde, la línea de demarcación y la rueda externa de los vehículos.....	54
Tabla 2.20. Desviación estándar según tipo de borde	54
Tabla 2.21. Valores del coeficiente de contracción (δ)	70
Tabla 2.22. Categorías de tránsito para la selección de espesores.....	73
Tabla 2.23. Clasificación de tránsito vehicular aplicada en el Estado de Washington ..	74
Tabla 2.24. Clasificación de tránsito de diseño aplicado en Australia	74
Tabla 2.25. Características físicas y técnicas de las fibras con terminación en gancho .	82
Tabla 2.26. Características físicas y técnicas de las fibras metálicas ondulada sección circular	82
Tabla 2.27. Características físicas y técnicas de las fibras metálicas ondulada plana....	83
Tabla 2.28. Características físicas y técnicas de las fibras metálicas cerradas.....	83
Tabla 2.29. Características físicas y técnicas de las fibras metálicas recta	83
Tabla 3.1. Granulometría del suelo	100
Tabla 3.2. Compactación Próctor (1) T-180.....	101

Tabla 3.3. Compactación Próctor (2) T-180.....	102
Tabla 3.4. Datos y cálculos del ensayo de CBR 1.....	103
Tabla 3.5. Datos y cálculos del ensayo de CBR 2.....	105
Tabla 3.6. Granulometría del agregado fino (arena).....	109
Tabla 3.7. Granulometría del agregado grueso (grava).....	110
Tabla 3.8. Peso específico del agregado fino (arena).....	112
Tabla 3.9. Peso específico del agregado grueso (grava).....	112
Tabla 3.10. Peso unitario suelto del agregado fino (arena).....	114
Tabla 3.11. Peso unitario compactado del agregado fino (arena).....	114
Tabla 3.12. Peso unitario suelto del agregado grueso (grava).....	114
Tabla 3.13. Peso unitario compactado del agregado grueso (grava).....	115
Tabla 3.14. Módulo de finura del cemento.....	116
Tabla 3.15. Peso específico del cemento.....	117
Tabla 3.16. Datos del material granular y el cemento.....	117
Tabla 3.17. Materiales para 1m ³ de hormigón.....	120
Tabla 3.18. Material para 1 m ³ de hormigón.....	122
Tabla 3.19. Dosificación para 1 probeta cilíndrica.....	123
Tabla 3.20. Dosificación para 1 viga estándar.....	125
Tabla 3.21. Resumen de aforo vehicular.....	127
Tabla 3.22. Tabla índice de crecimiento vehicular.....	128
Tabla 3.23. Periodo de análisis de la vía.....	129
Tabla 3.24. Serviciabilidad final.....	130
Tabla 3.25. Nivel de confiabilidad.....	131
Tabla 3.26. Tabla índice de crecimiento vehicular.....	134
Tabla 3.27. Factores de equivalencia de carga (LEF's).....	135
Tabla 3.28. Cálculo de N° de ESAL's.....	135
Tabla 3.29. % ESAL de 18 kips.....	136
Tabla 3.30. Nivel de confiabilidad.....	137
Tabla 3.31. Coeficiente de transferencia de carga.....	138
Tabla 3.32. Valores típicos de módulo elástico de la base y pérdida de soporte (LS).....	138
Tabla 3.33. Resultados de resistencia de las probetas cilíndricas sin fibra.....	146
Tabla 3.34. Resultados de resistencia de las vigas estándar y con fibra metálica.....	147

Tabla 3.35. Espesor de losa.....	151
Tabla 3.36. Precios unitarios carpeta de hormigón convencional e=17,5cm.....	154
Tabla 3.37. Precios unitarios carpeta de hormigón con fibra metálica e=9cm.....	155
Tabla 3.38. Precios unitarios de la junta transversal.....	156
Tabla 3.39. Precios unitarios de corte y sellado de juntas.....	157
Tabla 3.40. Resumen de los precios unitarios.....	158