

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE

TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y DINÁMICO DE
LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS UTILIZANDO EL PROCESAMIENTO
DIGITAL DE IMÁGENES”**

Por:

VELÁSQUEZ RODRÍGUEZ MARIELA

Semestre II 2018

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres y hermanos que siempre me brindaron su apoyo incondicional en todo momento que su esfuerzo y amor, me acompañaron en este recorrido e hicieron posible la realización de esta nueva etapa de mi vida.

ÍNDICE
CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

	Pág.
1.Introducción.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.1.1. Situación problemática.....	2
1.1.2. Problema.....	4
1.2. Justificación.....	4
1.3. Alcance.....	5
1.4. Objetivos.....	7
1.4.1. Objetivo general.....	7
1.4.2. Objetivos específicos.....	7
1.5. Diseño metodológico.....	7
1.5.1. Componentes.....	7
1.5.2. Métodos y técnicas empleadas.....	9
1.5.3. Procedimiento de aplicación.....	20

CAPÍTULO II
ANÁLISIS DE IMÁGENES DIGITALES EN COMPORTAMIENTO DE LAS
MEZCLAS ASFÁLTICAS

2.1. Definición de pavimentos.....	23
2.2. Clasificación de pavimentos.....	23
2.2.1. Pavimentos rígidos.....	23
2.2.2. Pavimentos flexibles.....	24
2.3. Mezcla asfáltica.....	26
2.3.1. Funcionalidad de las mezclas asfálticas en los pavimentos.....	26
2.3.2. Componentes de la mezcla asfáltica.....	27
2.3.3. Clasificación de las mezclas asfálticas.....	29
2.3.4. Propiedades de las mezclas asfálticas.....	31
2.3.5. Características de las mezclas asfálticas.....	34
2.3.6. Factores que deben controlarse en las mezclas asfálticas.....	37

2.3.7. Diseño de las mezclas asfálticas.....	37
2.4. Comportamiento mecánico y dinámico de las mezclas asfálticas.....	45
2.4.1. Factores que influyen en el comportamiento de las mezclas.....	47
2.5. Evaluación de las mezclas asfálticas por imágenes digitales.....	48
2.5.1. Ventajas de la tomografía computarizada.....	49
2.5.2. Imágenes generadas con tomografía computarizada (TC).....	50
2.5.3. Instrumentación en tomografía computarizada (TC).....	50
2.5.4. Descripción del equipo.....	51
2.5.5. Descripción del programa software imagenJ.....	52

CAPÍTULO III

INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EVALUADO POR IMÁGENES DIGITALES

3.1. Elaboración de mezclas asfáltica.....	53
3.1.1. Caracterización de los agregados pétreos.....	53
3.1.2. Control de calidad del cemento asfáltico.....	63
3.1.3. Diseño de especímenes método Marshall.....	71
3.2. Extracción de núcleos.....	81
3.3. Descripción de la obtención de imágenes digitales.....	83
3.3.2. Análisis de los vacíos a través de las imágenes.....	88
3.3.3. Análisis de contacto agregado – agregado.....	90
3.4. Comportamiento dinámico de las mezclas asfálticas extraídas.....	93
3.5. Análisis de resultados.....	95
3.5.1 Análisis de especímenes a través de (TC).....	95
3.5.2 Análisis de núcleos extraídos a través de (TC).....	118
3.5.3. Análisis del comportamiento dinámico de las mezclas.....	171

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.....	247
4.2. Recomendaciones.....	248

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Anexo 1. Caracterización de agregados pétreos

Anexo 2. Caracterización de cemento asfáltico

Anexo 3. Diseño de mezclas asfálticas método Marshall

Anexo 4. Análisis de las imágenes digitales

Anexo 4.1. % de Vacíos

Anexo 4.2. Contacto agregado - agregado

Anexo 5. Análisis del comportamiento dinámico de la mezcla asfáltica

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1: Horno eléctrico.....	10
Figura 1.2: Balanza.....	10
Figura 1.3: Juego de tamices.....	11
Figura 1.4: Máquina de los Ángeles.....	11
Figura 1.5: Penetrómetro de asfaltos.....	12
Figura 1.6: Viscosímetro Saybolt.....	12
Figura 1.7: Copa abierta de Cleveland.....	13
Figura 1.8: Ductilímetro.....	13
Figura 1.9: Equipo anillo y bola.....	14
Figura 1.10: Moldes de compactación de especímenes.....	14
Figura 1.11: Pisón de compactación.....	15
Figura 1.12: Prensa Marshall.....	15
Figura 1.13: Extractor de núcleos.....	16
Figura 1.14: Equipo tomográfico.....	16
Figura 2.1: Sección transversal del pavimento flexible.....	26
Figura 3.1: Planta asfáltica y chancadora de Junacas.....	53
Figura 3.2: Planta asfáltica y de acopio de materiales La Pintada.....	54
Figura 3.3: Cuarteador mecánico de materiales.....	54
Figura 3.4: Juego de tamices para el análisis.....	55
Figura 3.5: Muestra pasada por el juego de tamices.....	55
Figura 3.6: Peso específico del agregado grueso.....	57
Figura 3.7: Peso específico del agregado fino.....	57
Figura 3.8: Peso compactado y suelto.....	59
Figura 3.9: Material enrazado y pesado.....	59
Figura 3.10: Máquina de desgaste de los Ángeles.....	61
Figura 3.11: Tamizado de la muestra después de salir del horno.....	61
Figura 3.12: Preparación del floculante y de la muestra.....	62
Figura 3.13: Muestreo planta asfáltica La Pintada - HAM.....	64

Figura 3.14: Muestreo planta asfáltica en Junacas – SEDECA.....	64
Figura 3.15: Penetración del asfalto.....	65
Figura 3.16: Peso específico del cemento asfáltico.....	66
Figura 3.17: Preparación de los moldes para ductilidad.....	67
Figura 3.18: Deformación del cemento asfáltico.....	67
Figura 3.19: Punto de inflamación.....	68
Figura 3.20: Proceso de pérdida de masa.....	69
Figura 3.21: Procedimiento de punto de reblandecimiento.....	70
Figura 3.22: El cemento asfáltico a la temperatura de fluidez.....	70
Figura 3.23: Preparación de los agregados para mezcla.....	74
Figura 3.24: Preparación de la mezcla a 150°C.....	74
Figura 3.25: Compactación de los especímenes.....	75
Figura 3.26: Desmoldar los especímenes.....	75
Figura 3.27: Prueba para estimación del porcentaje óptimo de cemento asfáltico....	76
Figura 3.28: Medición de alturas con ayuda de Vernier.....	76
Figura 3.29: Peso seco del espécimen.....	77
Figura 3.30: Especímenes sumergidos en agua a 25°C.....	77
Figura 3.31: Peso sumergido de los especímenes.....	78
Figura 3.32: Prensa Marshall para prueba de compresión.....	79
Figura 3.33: Especímenes sometidos a prueba de compresión.....	79
Figura 3.34: Especímenes después de ruptura.....	80
Figura 3.35: Extracción de núcleos en calles urbanas.....	81
Figura 3.36: Relleno del lugar de extracción.....	82
Figura 3.37: Extracción de núcleos tramos de SEDECA.....	82
Figura 3.38: Relleno de la extracción de los tramos de SEDECA.....	83
Figura 3.39: Equipo tomográfico.....	84
Figura 3.40: Núcleo sometido a rayos “x”.....	84
Figura 3.41: Especimen sometido a rayos “x”.....	85
Figura 3.42: Imagen por el Efilm Lite.....	85
Figura 3.43: Imagen monocromática.....	86
Figura 3.44: Importación de imagen monocromática a ImageJ.....	86

Figura 3.45: Convertir en imagen RGB con el ImageJ.....	87
Figura 3.46: Imagen RGB en programa ImageJ.....	88
Figura 3.47: Ajustes en la imagen RGB.....	89
Figura 3.48: Imagen con el porcentaje de vacíos.....	89
Figura 3.49: Valor límite de la imagen.....	90
Figura 3.50: Imagen con la pigmentación roja.....	91
Figura 3.51: Puntos para realizar el conteo de contacto.....	91
Figura 3.52: Imagen con los puntos de contacto.....	92
Figura 3.53: Función para separar las partículas unidas.....	92
Figura 3.54: Prensa CBR para elaborar el ensayo.....	94
Figura 3.55: Aplicación de carga a diferentes deformaciones.....	94
Figura 3.56: Medición de las deformaciones.....	95
Figura 3.57: % Vacíos método Marshall.....	97
Figura 3.58: % Vacíos (TC) vs contenido de C.A. %.....	99
Figura 3.59: % Vacíos método Marshall vs % vacíos (TC).....	100
Figura 3.60: Densidad vs contenido de C.A.%.....	101
Figura 3.61: Densidad vs % vacíos.....	102
Figura 3.62: Comparación de densidad vs % vacíos.....	103
Figura 3.63: Estabilidad vs contenido de C.A.%.....	104
Figura 3.64: Puntos de contacto de agregados vs contenido de C.A.%.....	106
Figura 3.65: Estabilidad vs puntos de contacto de agregados.....	107
Figura 3.66: % Vacíos método Marshall.....	108
Figura 3.67: % Vacíos vs contenido de C.A. % (TC).....	110
Figura 3.68: % Vacíos método Marshall vs % vacíos (TC).....	111
Figura 3.69: Densidad vs contenido de C.A.%.....	112
Figura 3.70: Densidad vs % vacíos.....	113
Figura 3.71: Comparación de densidad vs % vacíos.....	114
Figura 3.72: Estabilidad vs contenido de C.A.%.....	115
Figura 3.73: Puntos de contacto de agregados vs contenido de C.A.%.....	117
Figura 3.74: Estabilidad vs puntos de contacto de agregados.....	118
Figura 3.75: % vacíos tramo avenida Triple Vía.....	119

Figura 3.76: Densidad tramo avenida Triple Vía.....	121
Figura 3.77: % vacíos tramo calle Delio Echazú.....	122
Figura 3.78: Densidad tramo calle Delio Echazú.....	123
Figura 3.79: % vacíos tramo avenida Felipe Palazón.....	124
Figura 3.80: Densidad tramo avenida Felipe Palazón.....	125
Figura 3.81: % vacíos tramo calle Campero.....	126
Figura 3.82: % Densidad tramo calle Campero.....	127
Figura 3.83: % vacíos tramo calle Bolívar.....	128
Figura 3.84: Densidad tramo calle Bolívar.....	129
Figura 3.85: % vacíos tramo calle O'connor.....	130
Figura 3.86: Densidad tramo calle O'connor.....	131
Figura 3.87: % vacíos tramo Tarija - Puerta Chaco.....	132
Figura 3.88: Densidad tramo Tarija - Puerta Chaco.....	133
Figura 3.89: % vacíos tramo Puerta Chaco - Puente Jarcas.....	134
Figura 3.90: Densidad tramo Puerta Chaco - Puente Jarcas.....	135
Figura 3.91: % vacíos tramo Puente Jarcas - Piedra Larga.....	136
Figura 3.92: Densidad tramo Puente Jarcas - Piedra Larga.....	137
Figura 3.93: % vacíos tramo Piedra Larga - Canaletas.....	138
Figura 3.94: Densidad tramo Piedra Larga - Canaletas.....	139
Figura 3.95: Contacto agregado - agregado tramo avenida Triple Vía.....	140
Figura 3.96: Estabilidad tramo avenida Triple Vía.....	142
Figura 3.97: Contacto agregado - agregado tramo calle Delio Echazú.....	143
Figura 3.98: Estabilidad tramo calle Delio Echazú.....	144
Figura 3.99: Contacto agregado - agregado tramo avenida Felipe Palazón.....	145
Figura 3.100: Estabilidad del tramo avenida Felipe Palazón.....	146
Figura 3.101: Contacto agregado - agregado tramo calle Campero.....	147
Figura 3.102: Estabilidad tramo calle Campero.....	148
Figura 3.103: Contacto agregado - agregado tramo calle Bolívar.....	149
Figura 3.104: Estabilidad tramo calle Bolívar.....	150
Figura 3.105: Contacto agregado - agregado tramo calle O'connor.....	151
Figura 3.106: Estabilidad tramo Calle O'connor.....	152

Figura 3.107: Contacto agregado - agregado tramo Tarija - Puerta Chaco.....	153
Figura 3.108: Estabilidad del tramo Tarija - Puerta Chaco.....	155
Figura 3.109: Contacto agregado - agregado tramo Puerta Chaco - Puente Jarcas..	156
Figura 3.110: Estabilidad del tramo Puerta Chaco - Puente Jarcas.....	157
Figura 3.111: Contacto agregado - agregado tramo Puente Jarcas - Piedra Larga...	158
Figura 3.112: Estabilidad del tramo Puente Jarcas - Piedra Larga.....	159
Figura 3.113: Contacto agregado - agregado tramo Piedra Larga – Canaletas.....	160
Figura 3.114: Estabilidad tramo Piedra Larga – Canaletas.....	161
Figura 3.115: % vacíos en general de H.A.M.....	162
Figura 3.116: Contacto agregado - agregado en general de H.A.M.....	164
Figura 3.117: % Vacíos en general de SEDECA.....	165
Figura 3.118: Contacto agregado - agregado general de SEDECA.....	167
Figura 3.119: Cargas vs N° de lecturas tramo N°1 - núcleo N°1.....	172
Figura 3.120: Deformación vs N° de lecturas tramo N°1 - núcleo N°1.....	173
Figura 3.121: Cargas vs N° de lecturas tramo N° 1 - núcleo N°2.....	174
Figura 3.122: Deformación vs N° de lecturas tramo N°1 - núcleo N°2.....	175
Figura 3.123: Cargas vs N° de lecturas tramo N° 1 - núcleo N°3.....	177
Figura 3.124: Deformación vs N° de lecturas tramo N°1 - núcleo N°3.....	178
Figura 3.125: Cargas vs N° de lecturas tramo N°2 - núcleo N°1.....	179
Figura 3.126: Deformación vs N° de lecturas tramo N°2 - núcleo N°1.....	180
Figura 3.127: Cargas vs N° de lecturas tramo N°2 - núcleo N°2.....	182
Figura 3.128: Deformación vs N° de lecturas tramo N°2 - núcleo N°2.....	183
Figura 3.129: Cargas vs N° de lecturas tramo N°2 - núcleo N°3.....	184
Figura 3.130: Deformación vs N° de lecturas tramo N°2 - núcleo N°3.....	185
Figura 3.131: Cargas vs N° de lecturas tramo N°3 - núcleo N°1.....	187
Figura 3.132: Deformación vs N° de lecturas tramo N°3 - núcleo N°1.....	188
Figura 3.133: Cargas vs N° de lecturas tramo N°3 - núcleo N°2.....	189
Figura 3.134: Deformación vs N° de lecturas tramo N°3 - núcleo N°2.....	190
Figura 3.135: Cargas vs N° de lecturas tramo N° 3 - núcleo N°3.....	192
Figura 3.136: Deformación vs N° de lecturas tramo N°3 - nucleó N°3.....	193
Figura 3.137: Cargas vs N° de lecturas tramo N°4 - núcleo N°1.....	194

Figura 3.138: Deformación vs N° de lecturas tramo N° 4 - núcleo N°1.....	195
Figura 3.139: Cargas vs N° de lecturas tramo N° 4 - núcleo N°2.....	197
Figura 3.140: Deformación vs N° de lecturas tramo N°4 - núcleo N°2.....	198
Figura 3.141: Cargas vs N° de lecturas tramo N°4 - núcleo N°3.....	199
Figura 3.142: Deformación vs N° de lecturas tramo N°4 - núcleo N°2.....	200
Figura 3.143: Cargas vs N° de lecturas tramo N°5 - núcleo N°1.....	202
Figura 3.144: Deformación vs N° de lecturas tramo N°5 - núcleo N°1.....	203
Figura 3.145: Cargas vs N° de lecturas tramo N° 5 - núcleo N°2.....	204
Figura 3.146: Deformación vs N° de lecturas tramo N° 5 - núcleo N°2.....	205
Figura 3.147: Cargas vs N° de lecturas tramo N° 5 - núcleo N°3.....	206
Figura 3.148: Deformación vs N° de lecturas tramo N°5 - núcleo N°3.....	208
Figura 3.149: Cargas vs N° de lecturas tramo N° 6 - núcleo N°1.....	209
Figura 3.150: Deformación vs N° de lecturas tramo N°6 - núcleo N°1.....	210
Figura 3.151: Cargas vs N° de lecturas tramo N°6 - núcleo N°2.....	212
Figura 3.152: Deformación vs N° de lecturas tramo N°6 - núcleo N°2.....	213
Figura 3.153: Cargas vs N° de lecturas tramo N°6 - núcleo N°3.....	214
Figura 3.154: Deformación vs N° de lecturas tramo N°6 - núcleo N°3.....	215
Figura 3.155: Cargas vs N° de lecturas tramo N°1 - Núcleo N°1.....	217
Figura 3.156: Deformación vs N° de lecturas tramo N°1 - núcleo N°1.....	218
Figura 3.157: Cargas vs N° de lecturas tramo N°1 - núcleo N°2.....	219
Figura 3.158: Deformación vs N° de lecturas tramo N°1 - núcleo N°2.....	220
Figura 3.159: Cargas vs N° de lecturas tramo N° 1- núcleo N°3.....	222
Figura 3.160: Deformación vs N° de lecturas tramo N°1 - núcleo N°2.....	223
Figura 3.161: Cargas vs N° de lecturas tramo N°2 - núcleo N°1.....	224
Figura 3.162: Deformación vs N° de lecturas tramo N°2 - núcleo N°1.....	225
Figura 3.163: Cargas vs N° de lecturas tramo N° 2 - núcleo N°2.....	227
Figura 3.164: Deformación vs N° de lecturas tramo N°2 - núcleo N°2.....	228
Figura 3.165: Cargas vs N° de lecturas tramo N°2 - núcleo N°3.....	229
Figura 3.166: Deformación vs N° de lecturas tramo N°2 - núcleo N°2.....	230
Figura 3.167: Cargas vs N° de lecturas tramo N°3 - núcleo N°1.....	232
Figura 3.168: Deformación vs N° de lecturas tramo N°3 - núcleo N°1.....	233

Figura 3.169: Cargas vs N° de lecturas tramo N°3 - núcleo N°2.....	234
Figura 3.170: Deformación vs N° de lecturas tramo N°3 - núcleo N°2.....	235
Figura 3.171: Cargas vs N° de lecturas tramo N°3 - núcleo N°3.....	237
Figura 3.172: Deformación vs N° de lecturas tramo N°3 - núcleo N°3.....	238
Figura 3.173: Cargas vs N° de lecturas tramo N°4 - núcleo N°1.....	239
Figura 3.174: Deformación vs N° de lecturas tramo N°4 - núcleo N°1.....	240
Figura 3.175: Cargas vs N° de lecturas tramo N°4 - núcleo N°2.....	242
Figura 3.176: Deformación vs N° de lecturas N°4 - núcleo N°2.....	243
Figura 3.177: Cargas vs N° de lecturas tramo N°4 - núcleo N°3.....	244
Figura 3.178: Deformación vs N° de lecturas tramo N°4 - núcleo N°3.....	245

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1: Especificaciones técnicas del cemento asfáltico convencional.....	27
Tabla 2.2: Especificaciones de los agregados pétreos de mezclas bituminosas.....	27
Tabla 2.3: Graduación para mezclas cerradas (ASTM D3515).....	41
Tabla 2.4: Especificaciones Marshall de diseño.....	43
Tabla 2.5: Porcentaje mínimo de vacíos en el agregado mineral.....	43
Tabla 3.1: Planilla de resultados de la granulometría H.A.M. - La Pintada.....	56
Tabla 3.2: Planilla de resultados de la granulometría SEDECA - Junacas.....	56
Tabla 3.3: Resultados peso específico H.A.M. - La Pintada.....	58
Tabla 3.4: Resultados de peso específico SEDECA – Junacas.....	58
Tabla 3.5: Resultados de peso unitario H.A.M. - La Pintada.....	59
Tabla 3.6: Peso unitario SEDECA – Canaletas.....	59
Tabla 3.7: Requerimiento según el tamaño de material que se tenga.....	60
Tabla 3.8: Porcentaje de desgaste SEDECA - Junacas.....	61
Tabla 3.9: Porcentaje de desgaste H.A.M. - La Pintada.....	62
Tabla 3.10: Resultados de equivalente de arena para las muestras analizadas.....	63
Tabla 3.11: Penetración de las muestras analizadas.....	65
Tabla 3.12: Peso específico de las muestras analizadas.....	66
Tabla 3.13: Ductilidad en muestras estudiadas.....	67
Tabla 3.14: Punto de inflamación de las muestras analizadas.....	68
Tabla 3.15: Pérdida de masa de las muestras analizadas.....	69
Tabla 3.16: Punto de reblandecimiento muestras analizada.....	71
Tabla 3.17: Resultados de diseño Marshall H.A.M.....	80
Tabla 3.18: Resultados de diseño Marshall SEDECA.....	80
Tabla 3.19: Valores Marshall obtenidos del diseño H.A.M.....	96
Tabla 3.20: Valores Marshall obtenidos del diseño SEDECA.....	96
Tabla 3.21: Valores % vacíos Marshall.....	97
Tabla 3.22: Valores % vacíos del análisis de (TC).....	98

Tabla 3.23: Promedio de % vacíos (TC).....	98
Tabla 3.24: Comparación de obtención % vacíos.....	99
Tabla 3.25: Densidad obtenida por método Marshall.....	100
Tabla 3.26: Densidad vs % de vacíos.....	101
Tabla 3.27: Comparación de densidad vs % de vacíos.....	103
Tabla 3.28: Estabilidad (lb) obtenida método Marshall.....	104
Tabla 3.29: Puntos de contacto de agregados (TC).....	105
Tabla 3.30: Promedio de puntos de contacto de agregados.....	105
Tabla 3.31: Relación estabilidad y puntos de contacto de agregados.....	106
Tabla 3.32: Valores % vacíos Marshall.....	108
Tabla 3.33: Valores % vacíos del análisis de (TC).....	109
Tabla 3.34: Promedio de % vacíos (TC).....	109
Tabla 3.35: Comparación de obtención % vacíos.....	110
Tabla 3.36: Densidad obtenida por método Marshall.....	111
Tabla 3.37: Densidad vs % de vacíos.....	112
Tabla 3.38: Densidad (Marshall) vs % de vacíos.....	114
Tabla 3.39: Estabilidad (lb) obtenida método Marshall.....	115
Tabla 3.40: Puntos de contacto de agregados.....	116
Tabla 3.41: Promedio puntos de contacto de agregados.....	116
Tabla 3.42: Relación estabilidad y puntos de contacto de agregados.....	117
Tabla 3.43: % de vacíos tramo avenida Triple Vía.....	119
Tabla 3.44: Densidad de tramo avenida Triple Vía.....	120
Tabla 3.45: % vacíos tramo calle Delio Echazú.....	121
Tabla 3.46: Densidad tramo calle Delio Echazú.....	123
Tabla 3.47: % de vacíos tramo avenida Felipe Palazón.....	124
Tabla 3.48: Densidad tramo avenida Felipe Palazón.....	125
Tabla 3.49: % de vacíos tramo calle Campero.....	126
Tabla 3.50: Densidad tramo calle Campero.....	127
Tabla 3.51: % de vacíos tramo calle Bolívar.....	128
Tabla 3.52: Densidad tramo calle Bolívar.....	129
Tabla 3.53: % de vacíos tramo calle O'connor.....	130

Tabla 3.54: Densidad tramo calle O'connor.....	131
Tabla 3.55: % de vacíos tramo Tarija - Puerta Chaco.....	132
Tabla 3.56: Densidad tramo Tarija - Puerta Chaco.....	133
Tabla 3.57: % de vacíos tramo Puerta Chaco - Puente Jarcas.....	134
Tabla 3.58: Densidad tramo Puerta Chaco - Puente Jarcas.....	135
Tabla 3.59: % de vacíos tramo Puente Jarcas - Piedra Larga.....	136
Tabla 3.60: % de vacíos tramo Puente Jarcas - Piedra Larga.....	137
Tabla 3.61: % de vacíos tramo Piedra Larga - Canaletas.....	138
Tabla 3.62: % Densidad tramo Piedra Larga - Canaletas.....	139
Tabla 3.63: Contacto agregado - agregado tramo avenida Triple Vía.....	140
Tabla 3.64: Estabilidad tramo avenida Triple Vía.....	141
Tabla 3.65: Contacto agregado - agregado tramo calle Delio Echazú.....	142
Tabla 3.66: Estabilidad del tramo calle Delio Echazú.....	144
Tabla 3.67: Contacto agregado - agregado tramo avenida Felipe Palazón.....	145
Tabla 3.68: Estabilidad del tramo avenida Felipe Palazón.....	146
Tabla 3.69 Contacto agregado - agregado tramo calle Campero.....	147
Tabla 3.70 Estabilidad del tramo calle Campero.....	148
Tabla 3.71: Contacto agregado - agregado tramo calle Bolívar.....	149
Tabla 3.72: Estabilidad tramo calle Bolívar.....	150
Tabla 3.73: Contacto agregado - agregado tramo calle O'connor.....	151
Tabla 3.74: Contacto agregado - agregado tramo calle O'connor.....	152
Tabla 3.75: Contacto agregado - agregado tramo Tarija - Puerta Chaco.....	153
Tabla 3.76: Contacto agregado - agregado tramo Tarija - Puerta Chaco.....	154
Tabla 3.77: Contacto agregado - agregado tramo Puerta Chaco - Puente Jarcas.....	155
Tabla 3.78: Estabilidad tramo Puerta Chaco - Puente Jarcas.....	157
Tabla 3.79: Contacto agregado - agregado tramo Puente Jarcas - Piedra Larga.....	158
Tabla 3.80: Estabilidad tramo Puente Jarcas - Piedra Larga.....	159
Tabla 3.81: Contacto agregado - agregado Piedra Larga – Canaletas.....	160
Tabla 3.82: Estabilidad tramo Piedra Larga – Canaletas.....	161
Tabla 3.83: % vacíos en general de H.A.M.....	162
Tabla 3.84: contacto agregado - agregado en general de H.A.M.....	163

Tabla 3.85: % vacíos en general de SEDECA.....	165
Tabla 3.86: Análisis de contacto agregado - agregado general de SEDECA.....	166
Tabla 3.87: Interpretación del coeficiente de confiabilidad.....	168
Tabla 3.88: Coeficiente de confiabilidad para % vacíos HAM.....	168
Tabla 3.89: Coeficiente de confiabilidad para % vacíos SEDECA.....	169
Tabla 3.90: Coeficiente de confiabilidad para contacto de agregados H.A.M.....	170
Tabla 3.91: Coeficiente de confiabilidad para contacto de agregados SEDECA.....	170
Tabla 3.92: Cargas (kg) tramo N°1 - núcleo N°1.....	171
Tabla 3.93: Deformación (plg) tramo N°1 - núcleo N°1.....	172
Tabla 3.94: Cargas (kg) tramo N°1 - núcleo N°2.....	174
Tabla 3.95: Deformación (plg) tramo N°1 - núcleo N°2.....	175
Tabla 3.96: Cargas (kg) tramo N°1 - núcleo N°3.....	176
Tabla 3.97: Deformación (plg) tramo N°1 - núcleo N°3.....	177
Tabla 3.98: Cargas (kg) tramo N°2 - núcleo N°1.....	179
Tabla 3.99: Deformación (plg) tramo N°2 - núcleo N°1.....	180
Tabla 3.100: Cargas (kg) tramo N°2 - núcleo N°2.....	181
Tabla 3.101: Deformación (plg) tramo N°2 - núcleo N°2.....	182
Tabla 3.102: Cargas (kg) tramo N°2 - núcleo N°3.....	184
Tabla 3.103: Deformación (plg) tramo N°2 - núcleo N°3.....	185
Tabla 3.104: Cargas (kg) tramo N°3 - núcleo N°1.....	186
Tabla 3.105: Deformación (plg) tramo N°3 - núcleo N°1.....	187
Tabla 3.106: Cargas (kg) tramo N°3 - núcleo N°2.....	189
Tabla 3.107: Deformación (plg) tramo N°3 - núcleo N°2.....	190
Tabla 3.108: Cargas (kg) tramo N°3 - núcleo N°3.....	191
Tabla 3.109: Deformación (plg) tramo N°3 - núcleo N°3.....	192
Tabla 3.110: Cargas (kg) tramo N°4 - núcleo N°1.....	194
Tabla 3.111: Deformación (plg) tramo N°4 - núcleo N°1.....	195
Tabla 3.112: Cargas (kg) tramo N°4 - núcleo N°2.....	196
Tabla 3.113: Deformación (plg) tramo N°4 - núcleo N°2.....	197
Tabla 3.114: Cargas (kg) tramo N°4 - núcleo N°3.....	199
Tabla 3.115: Deformación (plg) tramo N°4 - núcleo N°3.....	200

Tabla 3.116: Cargas (kg) tramo N°5 - núcleo N°1.....	201
Tabla 3.117: Deformación (plg) tramo N°5 - núcleo N°1.....	202
Tabla 3.118: Cargas (kg) tramo N°5 - núcleo N°2.....	204
Tabla 3.119: Deformación (plg) tramo N°5 - núcleo N°2.....	205
Tabla 3.120: Cargas (kg) tramo N°5 - núcleo N°3.....	206
Tabla 3.121: Deformación (plg) tramo N°5 - núcleo N°3.....	207
Tabla 3.122: Cargas (kg) tramo N°6 - núcleo N°1.....	209
Tabla 3.123: Deformación (plg) tramo N°6 - núcleo N°1.....	210
Tabla 3.124: Cargas (kg) tramo N°6 - núcleo N°2.....	211
Tabla 3.125: Deformación (plg) tramo N°6 - núcleo N°2.....	212
Tabla 3.126: Cargas (kg) tramo N°6 - núcleo N°3.....	214
Tabla 3.127: Deformación (plg) tramo N°6 - núcleo N°3.....	215
Tabla 3.128: Cargas (kg) tramo N°1 - núcleo N°1.....	216
Tabla 3.129: Deformación (plg) tramo N° 1 - núcleo N°1.....	217
Tabla 3.130: Cargas (kg) tramo N°1 - núcleo N°2.....	219
Tabla 3.131: Deformación (plg) tramo N°1 - núcleo N°2.....	220
Tabla 3.132: Cargas (kg) tramo N°1 - núcleo N°3.....	221
Tabla 3.133: Deformación (plg) tramo N°1 - núcleo N°3.....	222
Tabla 3.134: Cargas (kg) tramo N°2 - núcleo N°1.....	224
Tabla 3.135: Deformación (plg) tramo N°2 - núcleo N°1.....	225
Tabla 3.136: Cargas (kg) tramo N°2 - núcleo N°2.....	226
Tabla 3.137: Deformación (plg) tramo N°2 - núcleo N°2.....	227
Tabla 3.138: Cargas (kg) tramo N°2 - núcleo N°3.....	229
Tabla 3.139: Deformación (plg) tramo N°2 - núcleo N°3.....	230
Tabla 3.140: Deformación (plg) tramo N°2 - núcleo N°3.....	231
Tabla 3.141: Deformación (plg) tramo N°3 - núcleo N°1.....	232
Tabla 3.142: Cargas (kg) tramo N°3 - núcleo N°2.....	234
Tabla 3.143: Deformación (plg) tramo N°3 - núcleo N°2.....	235
Tabla 3.144: Cargas (kg) tramo N°3 - núcleo N°3.....	236
Tabla 3.145: Deformación (plg) tramo N°3 - núcleo N°3.....	237
Tabla 3.146: Cargas (kg) tramo N°4 - núcleo N°1.....	239

Tabla 3.147: Deformación (plg) tramo N°4 - núcleo N°1.....	240
Tabla 3.148: Cargas (kg) tramo N°4 - núcleo N°1.....	241
Tabla 3.149: Deformación (plg) tramo N°4 - núcleo N°2.....	242
Tabla 3.150: Cargas (kg) tramo N°4 - núcleo N°3.....	244
Tabla 3.151: Deformación (plg) tramo N°4 - núcleo N°3.....	245