

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**



**«EVALUACIÓN TÉCNICA DE CARPETAS ASFÁLTICAS  
DURANTE LA APLICACIÓN EN OBRA, USANDO EL  
DENSÍMETRO PORTÁTIL PQI-380, EN LA CIUDAD DE  
TARIJA»**

**Por:**

**BARRIOS VASQUEZ WILFREDO AUGUSTO**

Proyecto 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 II – 2023**

**TARIJA – BOLIVIA**

### **DEDICADO A:**

La elaboración de este trabajo está dedicado a mi madre ELISA que puso su mayor esfuerzo para impulsarme en cada momento, siempre fue mi apoyo incondicional.

A mi hermano GABRIEL que siempre me colaboró en todo momento, y estuvo a mi lado en las buenas y en las malas.

# ÍNDICE GENERAL

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Situación problemática.....	2
1.2.1 Problema.....	2
1.2.2 Relevancia y factibilidad del problema.....	2
1.2.3 Delimitación temporal y espacial del problema.....	3
1.3 Justificación .....	3
1.4 Objetivos .....	4
1.4.1 Objetivo general .....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Hipótesis.....	5
1.6 Operacionalización de las variables .....	5
1.6.1 Variable independiente.....	5
1.6.2 Variable dependiente.....	5
1.7 Identificación del tipo de investigación .....	6
1.8 Unidades de estudio y decisión muestral .....	6
1.8.1 Unidad de estudio.....	6
1.8.2 Población.....	7
1.8.3 Muestra.....	7
1.8.4 Selección de las técnicas de muestreo.....	7
1.9 Métodos y técnicas empleadas .....	7
1.9.1 Métodos.....	7
1.9.2 Técnicas.....	7
1.10 Procedimiento de aplicación .....	9
1.11 Procesamiento de la información.....	10
1.12 Alcance de la investigación.....	11

CAPÍTULO II  
CONCEPTUALIZACIÓN DEL TEMA

	Página
2.1 Definición del Pavimento.....	12
2.1.1 Funciones de un pavimento.....	12
2.1.2 Pavimento Flexible.....	13
2.2 Carpetas asfálticas.....	15
2.2.1 Características de los materiales pétreos.....	15
2.3 Diseño de mezclas asfálticas.....	16
2.3.1 Densidad.....	17
2.3.2 Vacíos de aire (o simplemente vacíos).....	17
2.3.3 Vacíos en el agregado mineral.....	18
2.3.4 Contenido de asfalto.....	19
2.3.5 Propiedades consideradas en el diseño de mezclas.....	21
2.3.5.1 Estabilidad.....	21
2.3.5.2 Durabilidad.....	23
2.3.5.3 Impermeabilidad.....	24
2.3.5.4 Trabajabilidad.....	25
2.3.5.5 Flexibilidad.....	27
2.3.5.6 Resistencia a la fatiga.....	27
2.3.5.7 Resistencia al deslizamiento.....	28
2.4 Densidad de campo.....	29
2.5 Densidad de campo utilizando densímetro PQI 380.....	31
2.5.1 Densidad por medio del densímetro PQI 380.....	32
2.5.2 Partes y accesorios.....	33
2.5.3 Paquetes de baterías.....	34
2.5.4 Procedimiento.....	34
2.5.5 Modos de lectura.....	35
2.5.5.1 Modo de lectura sencillo.....	35
2.5.5.2 Modo de lectura promedio.....	36
2.5.5.3 Modo de lectura continuo.....	38

2.5.5.4 Modo de lectura de segregación.....	38
2.5.6 Calibración del equipo .....	41
2.5.6.1 Método de calibración de testigo .....	41
2.5.6.2 Método de calibración del núcleo .....	41
2.5.6.3 Método de calibración mediante la placa de verificación .....	45
2.5.7 Descarga de datos.....	45
2.6 Procedimiento constructivo.....	47
2.6.1 Mezcla asfáltica.....	47
2.6.2 Proceso constructivo. ....	48
2.6.3 Transporte.....	48
2.6.4 Entrega .....	49
2.6.5 Extensión.....	50
2.6.6 Compactación.....	51
2.6.7 Parámetros de calidad de compactación.....	52

### CAPÍTULO III

#### RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

	Página
3.1 Aplicación del estudio.....	54
3.2 Ubicación del tramo en estudio.....	55
3.2.1 Características y Coordenadas geográficas .....	56
3.3 Obtenidos de datos con el densímetro PQI-380.....	64
3.3.1 Registro de datos tales como.....	65
3.3.2 Calibración Básica: “Proceso de Estandarización” .....	67
3.4 Obtención de datos.....	67
3.4.1 Datos del equipo PQI-380.....	67
3.4.2 Método del Densímetro PQI - 380 .....	68
3.4.2.1 Modo de lectura.....	68
3.4.3 Modelo de tabla de datos.....	70
3.5 Obtención de muestra de mezcla asfáltica en in situ .....	72

3.5.1	Método de Marshall .....	72
3.5.1.1	Recolección de la muestra.....	72
3.5.2	Procedimiento de laboratorio .....	74
3.5.2.1	Determinación de la estabilidad y fluencia .....	76
3.5.2.2	Desarrollo de la planilla del Método Marshall.....	76
3.5.2.3	Identificación.....	77
3.5.2.4	Base de la mezcla .....	77
3.5.2.5	Base de agregado.....	77
3.5.2.6	Altura de briqueta.....	77
3.5.2.7	Peso de briqueta .....	78
3.5.2.8	Peso de la briqueta en el aire (Peso seco) .....	78
3.5.2.9	Peso de la briqueta en el aire saturado superficialmente seco (SSS).....	78
3.5.2.10	Peso de la briqueta sumergida en agua .....	78
3.5.2.11	Volumen de briqueta .....	79
3.5.2.12	Densidad real de briqueta.....	79
3.5.2.13	Densidad máxima teórica de briqueta .....	79
3.5.2.14	Porcentaje de vacíos de la mezcla (Vv) .....	80
3.5.2.15	Porcentaje de vacíos de los agregados minerales (V.A.M.).....	80
3.5.2.16	Porcentaje de vacíos llenos de asfalto (R.B.V) .....	80
3.5.2.17	Estabilidad Marshall .....	81
3.5.2.18	Resultado de la práctica .....	82
3.6	Determinación el contenido de cemento asfáltico .....	83
3.6.1	Procedimiento .....	83
3.6.2	Granulometría del extractor centrífugo.....	85
3.7	Criterios de selección, uso y aplicación.....	87
3.7.1	Criterios de selección de agregados pétreos.....	87
3.7.2	Criterios de selección del asfalto.....	87
3.8	Criterios del número de ensayos .....	87
3.8.1	Criterio del número de ensayos para el agregado pétreo .....	87
3.9	Criterios del número de ensayos para el cemento asfáltico .....	89
3.10	Caracterización de materiales .....	90

3.10.1	Criterios de extracción .....	90
3.10.2	Ensayo de granulometría AASHTO T-27 - ASTM C-136 .....	92
3.10.2.1	Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos .....	92
3.10.3	Ensayo de desgaste mediante la máquina de los ángeles AASHTO T-96 - ASTM C-131 .....	97
3.10.4	Ensayo de peso específico y absorción de agua en agregados gruesos AASHTO T-85 - ASTM C-127 .....	100
3.10.5	Ensayo peso específico y absorción de agua en agregados finos AASHTO T-84 - ASTM C-128 .....	104
3.10.6	Ensayo de peso unitario agregados AASHTO T-19 - ASTM C-29.....	106
3.10.7	Ensayo de equivalente de arena AASHTO T-176 - ASTM D-2419.....	111
3.10.8	Ensayo de porcentaje de caras fracturadas ASTM D-5821 .....	113
3.10.9	Ensayo de determinación de partículas largas y achatadas ASTM D-4791.....	114
3.10.10	Cemento asfáltico.....	116
3.10.11	Ensayo de penetración AASHTO T-49 ASTM D-5 .....	117
3.10.12	Ensayo punto de inflamación AASHTO T-48 ASTM D-92.....	118
3.10.13	Ensayo peso específico del asfalto AASHTO T-43 - ASTM D-70 .....	120
3.10.14	Ensayo punto de ablandamiento AASHTO T-53 - ASTM C-36 .....	121
3.10.15	Ensayo de ductilidad AASHTO T-51 - ASTM D-113 .....	123
3.10.16	Ensayo de viscosidad Saybolt furor AASHTO T-72 - ASTM D-88 .....	124
3.11	Diseño de la mezcla asfáltica convencional 85-100 por el método Marshall.....	125
3.11.1	Determinación del porcentaje óptimo de cemento asfáltico .....	125
3.12	Guía metodológica para la elaboración de briquetas y ensayo Marshall.....	126
3.12.1	Dosificación con variaciones del contenido de asfalto .....	128
3.12.2	Desarrollo de la planilla del Método Marshall.....	130
3.12.2.1	Identificación.....	130
3.12.2.2	Altura de briqueta.....	131
3.12.3	Porcentaje de asfalto .....	131
3.12.3.1	Base de la mezcla.....	131
3.12.3.2	Base de agregado .....	131
3.12.4	Peso de la briqueta en el aire.....	132

3.12.5	Peso de la briqueta en el aire saturado superficialmente seco (S.S.S) .....	132
3.12.6	Peso de la briqueta sumergida en el agua.....	132
3.12.7	Volumen de la briqueta .....	133
3.12.8	Densidad de la briqueta.....	133
3.12.9	Porcentaje de vacíos .....	134
3.12.10	Estabilidad y fluencia.....	135
3.13	Resultados del diseño de la mezcla asfáltica convencional	
	85-100 diseñada por el método Marshall.....	137
3.14	Distribución de muestra en frecuencia.....	138
3.14.1	Prueba de bondad de ajuste .....	138
3.14.2	Estimación de parámetros .....	138
3.15	Método de Chi <sup>2</sup> .....	140

## CAPÍTULO IV

### DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

	Página	
4.1	Comparación de resultados.....	144
4.2	Porcentaje óptimo del cemento asfáltico. ....	144
4.3	Determinación de la densidad máxima. ....	145
4.3.1	Análisis de datos obtenidos con el equipo PQI-380.....	147
4.3.1.1	Obrajes .....	147
4.3.1.2	Abasto del Sur.....	166
4.3.1.3	San Antonio.....	182
4.3.1.4	El Constructor. ....	200
4.3.1.5	Aranjuez. ....	217



CAPÍTULO V  
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1 Conclusiones.....	238
5.2 Recomendaciones .....	240

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

- ANEXO 1. Información preliminar
- ANEXO 2. Datos del densímetro pqi-380
- ANEXO 3. Planilla de verificación método Marshall de las mezclas asfálticas
- ANEXO 4. Verificación de los contenidos del cemento asfáltico
- ANEXO 5. Verificación del diseño granulométrico
- ANEXO 6. Caracterización del cemento asfáltico
- ANEXO 7. Caracterización de los agregados
- ANEXO 8. Planillas del método Marshall
- ANEXO 9. Prueba de bondad
- ANEXO 10. Chi-cuadrado

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 Paquete estructural pavimento flexible.....	13
Figura 2.2 Componentes principales de un pavimento flexible.....	14
Figura 2.3 Ilustración del VMA en una probeta de mezcla compactada (nota: para simplificar el volumen de asfalto absorbido no es mostrado).....	18
Figura 2.4 Simulación consol del densímetro.....	33
Figura 2.5 Partes del densímetro PQI 380. ....	34
Figura 2.6 Modos de lectura.....	35
Figura 2.7 Modo de lectura sencilla.....	35
Figura 2.8 Confirmación del modo de lectura sencilla .....	36
Figura 2.9 Modos de lectura promedio .....	36
Figura 2.10 Visualización de la lectura promedio .....	37
Figura 2.11 Confirmación del modo de lectura promedio .....	37
Figura 2.12 Modos de lectura continuo .....	38
Figura 2.13 Modos de lectura de segregación.....	39
Figura 2.14 Toma de dato en el punto 1 B.....	40
Figura 2.15 Toma de dato en el punto 2 A.....	40
Figura 2.16 Toma de lectura promedio de para la calibración.....	42
Figura 2.17 Menú principal y calculadora .....	43
Figura 2.18 Configuración de la desviación del PQI380. ....	44
Figura 2.19 Tipo de lectura demasiado baja o demasiado alta .....	44
Figura 2.20 Calibración mediante la placa de verificación.....	45
Figura 2.21 Descarga de datos .....	46
Figura 2.22 Planta asfáltica continua modular más 2 termo tanque marca CIBER.....	48
Figura 2.23 Entrega De Material.....	50
Figura 2.24 Pavimentadora. ....	51
Figura 2.25 Compactador de llantas neumáticas y de tambor .....	52
Figura 3.1 Laboratorio de la posta municipal .....	54
Figura 3.2 Mapa político del departamento de Tarija.....	55
Figura 3.3 Mapa de la provincia de Cercado .....	56

Figura 3.4 Mapa de la calle asfaltada (Obrajes).....	56
Figura 3.5 Medición de la zona asfaltada (Obrajes) .....	57
Figura 3.6. Mapa de la calle asfaltada (Abasto del Sur) .....	58
Figura 3.7. Medición de la zona asfaltada (Abasto del Sur).....	58
Figura 3.8 Mapa de la calle asfaltada (San Antonio) .....	59
Figura 3.9 Medición de la zona asfaltada (San Antonio).....	60
Figura 3.10 Mapa de la calle asfaltada (El Constructor).....	61
Figura 3.11 Medición de la zona asfaltada (El Constructor) .....	61
Figura 3.12 Mapa de la calle asfaltada (Aranjuez) .....	62
Figura 3.13 Medición de la zona asfaltada (Aranjuez) .....	63
Figura 3.14 PQI-380 .....	64
Figura 3.15 Menú control.....	64
Figura 3.16 Detalles proyecto .....	65
Figura 3.17 Editar mezcla .....	65
Figura 3.18 Unidades .....	66
Figura 3.19 Modo de lectura .....	66
Figura 3.20 Calibración.....	67
Figura 3.21 modo de lectura single .....	68
Figura 3.22 Primera lectura.....	69
Figura 3.23 Segunda lectura.....	69
Figura 3.24 Tercera lectura .....	70
Figura 3.25 Modalidad de lectura .....	70
Figura 3.26 Muestra .....	72
Figura 3.27 Obtención de briquetas .....	73
Figura 3.28 Compactación .....	74
Figura 3.29 Extracción de briquetas.....	74
Figura 3.30 Medición de alturas y determinación de peso seco de las briquetas.....	75
Figura 3.31 Peso superficialmente seco y peso específico sumergido.....	75
Figura 3.32 Determinación de estabilidad y fluencia de las briquetas.....	76
Figura 3.33 Muestra recolectada y pesada .....	83
Figura 3.34 Papel filtro y centrífugo armado .....	84

Figura 3.35 Lavado y extracción de la muestra .....	84
Figura 3.36 Tamizado de las muestras .....	85
Figura 3.37 Compra y recolección del agregado pétreos.....	90
Figura 3.38 Recolección de muestra de la Pintada.....	91
Figura 3.39 Proceso del pesaje para el tamizado del agregado.....	93
Figura 3.40 Proceso del tamizaje del agregado.....	94
Figura 3.41 Máquina de desgaste por abrasión.....	98
Figura 3.42 Medición del peso sumergido del agregado .....	101
Figura 3.43 Ensayo peso específico del agregado fino.....	104
Figura 3.44 Peso unitario compactado grava 3/8” .....	107
Figura 3.45 Ensayo equivalente de arena.....	111
Figura 3.46 Partículas de caras fracturadas.....	113
Figura 3.47 Determinación de partículas largas y achatadas .....	115
Figura 3.48 Realización del ensayo de penetración del cemento asfáltico .....	117
Figura 3.49 Realización del ensayo punto de inflamación .....	119
Figura 3.50 Ensayo del peso específico del cemento asfáltico .....	120
Figura 3.51 Ensayo punto de ablandamiento .....	122
Figura 3.52 Ensayo de ductilidad del cemento asfáltico.....	123
Figura 3.53 Elaboración de las briquetas .....	129
Figura 3.54 Proceso de compactación de la briqueta.....	129
Figura 3.54 Extracción de la briqueta .....	130

## ÍNDICE DE GRAFICAS

	Página
Gráfico 3.1 Curva granulométrica.....	86
Gráfico 3.2 Curva granulométrica agregado grueso grava 3/4” .....	95
Gráfico 3.3 Curva granulométrica agregado grueso grava 3/8” .....	96
Gráfico 3.4 Curva granulométrica agregado fino .....	97
Gráfico 4.1 Densidad vs % C.A lab Pintada .....	146
Gráfico 4.2 densidad vs % C.A lab UAJMS.....	146
Gráfico 4.3 Comportamiento de la densidad.....	150
Gráfico 4.4 Densidad margen derecho.....	151
Gráfico 4.5 Densidad margen centro .....	152
Gráfico 4.6 Densidad margen izquierdo .....	152
Gráfico 4.7 Comportamiento de la Temperatura. ....	153
Gráfico 4.8 Temperatura margen derecho. ....	154
Gráfico 4.9 Temperatura margen centro. ....	155
Gráfico 4.10 Temperatura margen izquierdo.....	155
Gráfico 4.11 Grado de compactación al 2240 kg/m <sup>3</sup> .....	156
Gráfico 4.12 Grado de compactación al 2390 kg/m <sup>3</sup> .....	157
Gráfico 4.13 Grado de compactación derecha .....	158
Gráfico 4.14 Grado de compactación centro.....	158
Gráfico 4.15 Grado de compactación izquierda.....	159
Gráfico 4.16 Comportamiento de los Vacíos al 2240 kg/m <sup>3</sup> .....	160
Gráfico 4.17 Comportamiento de los Vacíos 2390 kg/m <sup>3</sup> .....	161
Gráfico 4.18 Vacíos derecha.....	162
Gráfico 4.19 Vacíos centro .....	162

Gráfico 4.20 Vacíos izquierda.....	163
Gráfico 4.21 Temperatura campana de gauss .....	164
Gráfico 4.22 Histograma de densidad.....	165
Gráfico 4.23 Histograma de temperatura .....	165
Gráfico 4.24 Comportamiento de la densidad.....	168
Gráfico 4.25 Densidad margen derecho.....	169
Gráfico 4.26 Densidad margen centro .....	170
Gráfico 4.27 Densidad margen izquierda.....	170
Gráfico 4.28 Comportamiento de la Temperatura .....	171
Gráfico 4.29 Temperatura margen derecho. ....	172
Gráfico 4.30 Temperatura margen centro .....	172
Gráfico 4.31 Temperatura margen izquierdo.....	173
Gráfico 4.32 Grado de compactación al 2240 kg/m <sup>3</sup> .....	174
Gráfico 4.33 Grado de compactación al 2390 kg/m <sup>3</sup> .....	174
Gráfico 4.34 Grado de compactación derecha .....	175
Gráfico 4.35 Grado de compactación centro.....	176
Gráfico 4.36 Grado de compactación izquierda.....	176
Gráfico 4.37 Comportamiento de los Vacíos al 2240 kg/m <sup>3</sup> .....	177
Gráfico 4.38 Comportamiento de los Vacíos 2390 kg/m <sup>3</sup> .....	178
Gráfico 4.39 Vacíos derecha.....	178
Gráfico 4.40 Vacíos centro. ....	179
Gráfico 4.41 Vacíos izquierda.....	180
Gráfico 4.42 Histograma de densidad.....	181
Gráfico 4.43 Histograma de temperatura .....	181
Gráfico 4.44 Comportamiento de la densidad.....	185

Gráfico 4.45 Densidad margen derecho.....	186
Gráfico 4.46 Densidad margen centro .....	186
Gráfico 4.47 Densidad margen izquierdo .....	187
Gráfico 4.48 Comportamiento de la Temperatura .....	188
Gráfico 4.49 Temperatura margen derecho .....	189
Gráfico 4.50 Temperatura margen centro .....	190
Gráfico 4.51 Temperatura margen izquierdo .....	190
Gráfico 4.52 Grado de compactación al 2240 kg/m <sup>3</sup> .....	191
Gráfico 4.53 Grado de compactación al 2390 kg/m <sup>3</sup> .....	192
Gráfico 4.54 Grado de compactación derecha .....	193
Gráfico 4.55 Grado de compactación centro.....	193
Gráfico 4.56 Grado de compactación izquierda.....	194
Gráfico 4.57 Comportamiento de los Vacíos al 2240 kg/m <sup>3</sup> .....	195
Gráfico 4.58 Comportamiento de los Vacíos 2390 kg/m <sup>3</sup> .....	196
Gráfico 4.59 Vacíos derecha.....	197
Gráfico 4.60 Vacíos centro .....	197
Gráfico 4.61 Vacíos izquierda.....	198
Gráfico 4.62 Histograma de densidad.....	199
Gráfico 4.63 Histograma de temperatura .....	199
Gráfico 4.64 Comportamiento de la densidad.....	203
Gráfico 4.65 Densidad margen derecho.....	204
Gráfico 4.66 Densidad margen centro .....	204
Gráfico 4.67 Densidad margen izquierda.....	205
Gráfico 4.68 Comportamiento de la Temperatura .....	206
Gráfico 4.69 Temperatura margen derecho .....	207

Gráfico 4.70 Temperatura margen centro .....	207
Gráfico 4.71 Temperatura margen izquierdo.....	208
Gráfico 4.72 Temperatura campana de gauss .....	209
Gráfico 4.73 Grado de compactación al 2240 kg/m <sup>3</sup> .....	209
Gráfico 4.74 Grado de compactación al 2390 kg/m <sup>3</sup> .....	210
Gráfico 4.75. Grado de compactación derecha .....	210
Gráfico 4.76 Grado de compactación centro.....	211
Gráfico 4.77 Grado de compactación izquierda.....	212
Gráfico 4.78 Comportamiento de los Vacíos al 2240 kg/m <sup>3</sup> .....	213
Gráfico 4.79. Comportamiento de los Vacíos 2390 kg/m <sup>3</sup> .....	213
Gráfico 4.80 Vacíos derecha.....	214
Gráfico 4.81 Vacíos centro .....	215
Gráfico 4.82 Vacíos izquierda.....	215
Gráfico 4.83 Histograma de densidad.....	216
Gráfico 4.84 Histograma de temperatura .....	217
Gráfico 4.85 Comportamiento de la densidad.....	220
Gráfico 4.86 Densidad margen derecho.....	221
Gráfico 4.87 Densidad margen centro .....	222
Gráfico 4.88 Densidad margen izquierda.....	222
Gráfico 4.89 Comportamiento de la Temperatura .....	223
Gráfico 4.90 Temperatura margen derecho .....	224
Gráfico 4.91 Temperatura margen centro .....	225
Gráfico 4.92 Temperatura margen izquierdo .....	225
Gráfico 4.93 Temperatura campana de gauss. ....	226
Gráfico 4.94 Grado de compactación al 2240 kg/m <sup>3</sup> .....	227



Gráfico 4.95 Grado de compactación al 2390 kg/m <sup>3</sup> .....	228
Gráfico 4.96 Grado de compactación derecha .....	229
Gráfico 4.97 Grado de compactación centro.....	230
Gráfico 4.98 Grado de compactación izquierda.....	231
Gráfico 4.99 Comportamiento de los Vacíos al 2240 kg/m <sup>3</sup> .....	232
Gráfico 4.100 Comportamiento de los Vacíos 2390 kg/m <sup>3</sup> .....	233
Gráfico 4.101 Vacíos derecha. ....	234
Gráfico 4.102 Vacíos centro .....	235
Gráfico 4.103 Vacíos izquierda.....	235
Gráfico 4.104 Temperatura campana de gauss .....	236
Gráfico 4.105 Histograma de densidad.....	237
Gráfico 4.106 Histograma de temperatura .....	237

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1 Conceptualización de la variable independiente .....	5
Tabla 1.2 Conceptualización de la variable dependiente .....	6
Tabla 2.1 Vacíos en el agregado mineral (Requisitos de VMA) .....	19
Tabla 2.2 Tablas de densidades. Por Mart Arre H .....	30
Tabla 3.1 Resumen de la obtención de datos .....	55
Tabla 3.2 Tabla coordenadas y distancias del barrio Obrajes.....	57
Tabla 3.3 Tabla coordenadas y distancias zona Abasto del Sur .....	59
Tabla 3.4 Tabla coordenadas y distancias de la Barrio San Antonio.....	60
Tabla 3.5 Tabla coordenadas y distancias de la Barrio El Constructor .....	62
Tabla 3.6 Tabla coordenadas y distancias de la Barrio Aranjuez .....	63
Tabla 3.7 Datos de diseño introducidos en el densímetro.....	67
Tabla 3.8 Tabla de datos carril de subida.....	71
Tabla 3.9 Tabla de datos carril de bajada.....	71
Tabla 3.10 Altura de briqueta.....	77
Tabla 3.11 Peso seco .....	78
Tabla 3.12 Sat. sup. seco .....	78
Tabla 3.13 Sumergida en agua .....	78
Tabla 3.14 Volumen de briqueta.....	79
Tabla 3.15 Densidad real.....	79
Tabla 3.16 Densidad máxima teórica.....	80
Tabla 3.17 Vacíos.....	80
Tabla 3.18 Estabilidad Marshall .....	81
Tabla 3.19 Fluencia.....	81

Tabla 3.20 Resultados del contenido óptimo de cemento asfáltico .....	82
Tabla 3.21 Método extractor centrífugo.....	85
Tabla 3.22 Tabla de granulometría promedio .....	86
Tabla 3.23 Número de ensayos de los agregados pétreos.....	88
Tabla 3.24 Número de ensayos para la caracterización del cemento asfáltico .....	89
Tabla 3.25 Coordenadas zona de la chancadora. ....	91
Tabla 3.26 Coordenadas instalaciones de obras públicas municipales.....	91
Tabla 3.27 Especificaciones técnicas del cemento asfáltico 85-100.....	92
Tabla 3.28 Planilla de la granulometría para la grava 3/4”.....	94
Tabla 3.29 Planilla de la granulometría grava 3/8”.....	95
Tabla 3.30 Planilla de la granulometría del agregado fino. ....	96
Tabla 3.31 Datos del ensayo de desgaste para la grava 3/4” .....	99
Tabla 3.32 Datos del ensayo de desgaste para grava 3/8” .....	100
Tabla 3.33 Datos del ensayo de peso específico para agregado grueso grava 3/4" .....	102
Tabla 3.34 Resultados del ensayo de peso específico para grava 3/4" .....	103
Tabla 3.35 Datos del ensayo de peso específico para agregado grueso 3/8" .....	103
Tabla 3.36 Resultados del ensayo de peso específico para la grava 3/8" .....	103
Tabla 3.37 Datos obtenidos del ensayo peso específico para agregado fino .....	104
Tabla 3.38 Resultados del ensayo de peso específico para agregado fino.....	106
Tabla 3.39 Datos del ensayo de peso unitario suelto de la grava 3/4" .....	107
Tabla 3.40 Datos del ensayo de peso unitario compactado de la grava 3/4" .....	108
Tabla 3.41 Resultados del ensayo de peso unitario de la grava 3/4" .....	108
Tabla 3.42 Datos del peso unitario suelto de la grava 3/8" .....	109
Tabla 3.43 Datos del peso unitario compactado de la grava 3/8" .....	109
Tabla 3.44 Resultados del ensayo de peso unitario de la grava 3/8" .....	109

Tabla 3.45 Datos del peso unitario suelto de la arena.....	110
Tabla 3.46 Datos del peso unitario compactado de la arena .....	110
Tabla 3.47 Resultados del ensayo peso unitario de la arena.....	110
Tabla 3.48 Datos del ensayo equivalente de arena .....	112
Tabla 3.49 Resultados del ensayo equivalente de arena .....	112
Tabla 3.50 Datos del ensayo de caras fracturadas.....	113
Tabla 3.51 Resultados del ensayo de caras fracturadas .....	114
Tabla 3.52 Datos del ensayo partículas chatas y alargadas.....	116
Tabla 3.53 Resultados del ensayo partículas chatas y alargadas. ....	116
Tabla 3.54 Datos del ensayo penetración del cemento asfáltico 85-100 .....	118
Tabla 3.55 Datos del ensayo punto de inflamación .....	119
Tabla 3.56 Datos del ensayo peso específico.....	121
Tabla 3.57 Resultado del ensayo peso específico del cemento asfáltico .....	121
Tabla 3.58 Datos del ensayo punto de ablandamiento.....	122
Tabla 3.59 Datos del ensayo de ductilidad del cemento asfáltico.....	124
Tabla 3.60 Resultados del ensayo de viscosidad Saybolt furor .....	125
Tabla 3.61 Dosificación del cemento asfáltico en diferentes porcentajes de cemento asfáltico.....	128
Tabla 3.62 Alturas medidas de cada briqueta .....	131
Tabla 3.63 Peso en el aire de las briquetas.....	132
Tabla 3.64 Peso de la briqueta saturada superficialmente seca (S.S.S) .....	132
Tabla 3.65 Peso de la briqueta sumergida en el agua .....	133
Tabla 3.66 Datos del ensayo de estabilidad y fluencia .....	135
Tabla 3.67 Alturas promedio y factor de corrección por altura .....	136
Tabla 3.68 Estabilidad corregida.....	136

Tabla 3.69 Resultados de la estabilidad y fluencia .....	136
Tabla 3.70 Resultados del diseño de la mezcla convencional	
por el método Marshall .....	137
Tabla 3.71 La prueba de bondad de ajuste de Smirnov Kolmogorov .....	139
Tabla 3.72 Nivel de significancia. ....	139
Tabla 3.73 Cálculo de frecuencia relativa, absoluta, función	
densidad y acumulada. ....	142
Tabla 4.1 Porcentaje óptimo del cemento asfáltico lab. de la Pintada. ....	144
Tabla 4.2 Porcentaje óptimo del cemento asfáltico Lab. de la UAJMS .....	144
Tabla 4.3 Porcentaje óptimo del cemento asfáltico con el centrífugo. ....	145
Tabla 4.4 Resumen de estimación de parámetros .....	147
Tabla 4.5 Comparación del valor estadístico $\Delta$ , con el valor crítico $\Delta_0$ . ....	148
Tabla 4.6 Datos propuestos con el nivel de significancia. ....	149
Tabla 4.7 Método Chi-Cuadrado .....	149
Tabla 4.8 Resumen de estimación de parámetros .....	166
Tabla 4.9 Comparación del valor estadístico $\Delta$ , con el valor crítico $\Delta_0$ . ....	167
Tabla 4.10 Datos propuestos con el nivel de significancia .....	167
Tabla 4.11 Método Chi-Cuadrado.....	168
Tabla 4.12 Resumen de estimación de parámetros .....	182
Tabla 4.13 Comparación del valor estadístico $\Delta$ , con el valor crítico $\Delta_0$ .....	183
Tabla 4.14 Datos propuestos con el nivel de significancia. ....	184
Tabla 4.15 Método Chi-cuadrado .....	184
Tabla 4.16 Resumen de estimación de parámetros .....	200
Tabla 4.17 Comparación del valor estadístico $\Delta$ , con el valor crítico $\Delta_0$ . ....	201
Tabla 4.18 Datos propuestos con el nivel de significancia .....	202

Tabla 4.19 Método Chi-Cuadrado.....	202
Tabla 4.20 Resumen de estimación de parámetros .....	217
Tabla 4.21 Comparación del valor estadístico $\Delta$ , con el valor crítico $\Delta_0$ .....	218
Tabla 4.22 Datos propuestos con el nivel de significancia .....	219
Tabla 4.23 Método Chi-Cuadrado.....	219