

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



**“OBTENCIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE BETÚN
ADICIONAL PARA EL RECICLADO DE LA CARPETA
ASFÁLTICA DE LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE
TARIJA”**

Por:

SEILA CLAUDIA AVILA SANDOVAL

GESTIÓN 2015

TARIJA – BOLIVIA

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

**“OBTENCIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE BETÚN
ADICIONAL PARA EL RECICLADO DE LA CARPETA
ASFÁLTICA DE LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE
TARIJA”**

Por:

SEILA CLAUDIA AVILA SANDOVAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN presentada a consideración de la
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para
optar el grado Académico de Licenciatura en INGENIERÍA CIVIL.

PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA CIV-502

Gestión académica I/Semestre 2015

TARIJA – BOLIVIA

Msc. Ing. Ernesto Roberto Álvarez
Gonzalves
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

Msc. Ing. Silvana Sandra Paz
Ramírez
VICEDECANA
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA

TRIBUNAL:

Ing. Ricardo Normando Morales Retamozo

Msc. Ing. Laura Karina Soto Salgado

Ing. Ada Gladys López Rueda

ADVERTENCIA

El tribunal calificador del presente proyecto, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el trabajo, siendo únicamente responsabilidad de la autor.

DEDICATORIA

Sin lugar a dudas a mi madre ANTONIA GUADALUPE SANDOVAL DE ÁVILA, a todos mis hermanos, MARIBEL, FABIOLA, DORIS, HERMES Y RONALD AVILA SANDOVAL por todo el apoyo y confianza que me proporcionaron incondicionalmente, a mi hijo LEONARDO SEBASTIÁN por ser mi fortaleza en momentos más difíciles.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de crecer como persona.

A mis padres y hermanos por todo el amor que me brindaron, los valores que me inculcaron y el aliento que me dieron en todo momento.

A mi hijo por cada momento vivido a su lado, por las sonrisas que me regala y hace que se llene mi corazón de amor, alegría y fortaleza.

A Cristhian Bejarano Arenas por haber estado conmigo en los momentos más difíciles de mi vida, dándome fuerza, paz y perseverancia.

Al Sr. Carlos Subia encargado de los laboratorios de Asfaltos, Suelos y Hormigones, por el apoyo y amistad brindada.

A todas las personas que de alguna forma me ayudaron a llevar adelante el presente estudio.

PENSAMIENTO

“Reconoceré la recompensa porque constituye mi pago; pero daré acogida a los obstáculos porque constituyen para mí un desafío”.

Og Mandino

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. ANTECEDENTES	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	3
1.4. DISEÑO TEÓRICO	4
1.4.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	4
1.4.1.1. Situación Problemática	4
1.4.1.2. Problema.	4
1.4.2. OBJETIVOS	5
1.4.2.1. Objetivo General.	5
1.4.2.2. Objetivos Específicos	5
1.4.3. HIPÓTESIS	5
1.4.4. DEFINICIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES	5
1.4.4.1. Variable Independiente	5
1.4.4.2. Variable Dependiente	5
1.4.4.3. Conceptualización y Operacionalización de Variables	6
1.5. DISEÑO METODOLÓGICO	7
1.5.1. COMPONENTES	7
1.5.1.1. Unidades de Estudio y Decisión Muestral	7
1.5.1.1.1. Unidad de Estudio	7
1.5.1.1.2. Población	7
1.5.1.1.3. Muestra	7
1.5.1.1.4. Muestreo	7
1.5.2. MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS	8
1.5.2.1. Selección de Métodos y Técnicas	8
1.5.2.2. Técnicas de Muestreo	10
1.5.2.2.1. Técnica de muestreo No Probabilística	10
1.5.2.3. Descripción de Equipos e Instrumentos	10
1.5.2.4. Procedimiento de Aplicación	12
1.5.2.5. Preparación Previa	13
1.5.3. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS Y LA INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN	13
1.6. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	14

CAPÍTULO II: RECICLAJE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS	16
2.2. DEFINICIÓN DE RECICLAJE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES	16
2.3. CAMPOS DE APLICACIÓN DEL RECICLAJE	17
2.4. FUNDAMENTOS DE LAS TÉCNICAS DE RECICLAJE	18
2.5. FORMAS DE OBTENCIÓN DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO A RECICLAR (RAP)	19
2.5.1. Demolición Mecánica.	19
2.5.2. Fresado	19
2.6. DEFINICIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA	19
2.6.1. Clasificación de las Mezclas Asfálticas por la Temperatura de puesta en obra	19
2.7. TIPOS DE RECICLADO	20
2.7.1. Reciclaje superficial	20
2.7.2. Reciclaje en el lugar (in-situ)	20
2.7.3. Reciclaje en planta	21
2.8. VENTAJAS DE LAS TÉCNICAS DE RECICLADO	21
2.9. RECICLADO DE FIRMES	22
2.9.1. RECICLADO EN PLANTA EN CALIENTE	23
2.9.2. RECICLADO “IN SITU” EN CALIENTE	29
2.9.3. RECICLADO EN PLANTA EN FRÍO	29
2.9.4. RECICLADO “IN SITU” EN FRÍO	30
2.9.4.1. RECICLADO IN SITU EN FRÍO CON CEMENTO	30
2.9.4.2. RECICLADO “IN SITU” CON EMULSIÓN	31
2.10. BETUNES ASFÁLTICOS	32
2.11. DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	33
2.11.1. PROPIEDADES DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA	34
2.12. DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS RECICLADAS EN CALIENTE	39
2.12.1. Procedimiento de Diseño	39
2.12.1.1. Materiales	39
2.12.1.2. Material Fresado	39
2.12.1.3. Áridos de Aportación	40
2.12.1.4. Agregados combinados en la mezcla reciclada	41
2.12.1.5. Demanda de asfalto para la combinación de agregados	41
2.12.1.6. Porcentaje de asfalto nuevo en la mezcla..	41
2.12.1.7. Tanteos de diseño de la mezcla y selección de la fórmula de trabajo	42
2.13. CRITERIOS DE DISEÑO NORMALIZADOS	42
2.13.1. Requisitos del agregado pétreo	45
2.13.2. Requisitos del ligante asfáltico	46
2.13.3. Técnicas de separación de los materiales que conforman la Carpeta Asfáltica	46
2.14. MÉTODO MARSHALL	48

2.14.1. Criterios de Selección de los Porcentajes de Implementación del Betún	48
2.14.2. Preparación de las Muestras de Ensayo	49
2.14.3. Procedimiento del Ensayo	49
2.14.4. Ensayos de Estabilidad y Fluencia	49
2.15. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN	50
2.15.1. ETAPAS DEL PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN	50
2.15.1.1. Inspección visual	50
2.15.1.2. Toma de muestras	50
2.15.1.3. Fórmula de trabajo	51
2.15.1.4. Tramo de prueba	52
2.15.1.5. Ejecución del reciclado	52
2.15.2. PROCEDIMIENTO PARA EL RECICLADO DE MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE EN PLANTA Y EQUIPO NECESARIO PARA REALIZARLO	53
2.15.2.1. Recuperación de materiales de los pavimentos asfálticos deteriorados para su reciclado	53
2.15.2.2. Proceso y acopio del MBR en planta	55
2.15.3. MAQUINARIA Y EQUIPOS DE EJECUCIÓN	58
2.15.3.1. EQUIPOS DE RECICLADO	59
2.15.3.2. EQUIPOS DE COMPACTACIÓN	61

CAPÍTULO III: RECICLADO DE CARPETA ASFÁLTICA EN PLANTA EN CALIENTE POR EL MÉTODO MARSHALL

3.1. INTRODUCCIÓN	63
3.2. SELECCIÓN DE MATERIALES	63
3.2.1. Carpeta Asfáltica a Reciclar	63
3.2.2. Materiales de Aporte	68
3.3. CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES	68
3.3.1. Material a Reciclar	68
3.3.1.1. Agregados a Reciclar	68
3.3.1.1.1. Extracción Centrífuga	68
3.3.1.1.2. Granulometría	70
3.3.1.1.3. Peso Específico del Agregado Grueso	73
3.3.1.1.4. Peso Específico del Agregado Fino	75
3.3.1.2. Betún a Reciclar	78
3.3.1.2.1. Contenido de Betún	78
3.3.1.2.2. Penetración	79
3.3.1.2.3. Viscosidad	80
3.3.2. Material de Aportación	81

3.3.2.1.	Agregados Nuevos	81
3.3.2.1.1.	Granulometría	81
3.3.2.1.2.	Peso Específico del Agregado Fino	86
3.3.2.1.3.	Peso Específico del Agregado Grueso (Gravilla)	89
3.3.2.1.4.	Peso Específico del Agregado Grueso (Grava)	90
3.3.2.1.5.	Desgaste de Los Ángeles.	92
3.3.2.1.6.	Equivalente de Arena	95
3.3.2.2.	Betún Nuevo	98
3.3.2.2.1.	Penetración	98
3.3.2.2.2.	Viscosidad	100
3.3.2.2.3.	Ductilidad	101
3.3.2.2.4.	Punto de Inflamación	103
3.3.2.2.5.	Punto de Ablandamiento	104
3.3.2.2.6.	Peso específico	106
3.4.	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA POR EL MÉTODO MARSHALL	109
3.4.1.	MEZCLA ASFALTICA RECICLADA AL 100%.	111
3.4.2.	MEZCLA ASFALTICA RECICLADA CON AGREGADOS NUEVOS	114
3.4.3.	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, ESTABILIDAD Y FLUENCIA MARSHALL	117
3.4.3.1.	Determinación de la Densidad	117
3.4.3.2.	Determinación de la Estabilidad y Fluencia	119

CAPÍTULO IV: DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE BETÚN ADICIONAL DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LA AVENIDA LA PAZ

4.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA RESISTENCIA TÉCNICA POR EL MÉTODO MARSHALL	128
4.1.1.	CUADROS RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES	128
4.1.2.	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO BÁSICO	130
4.1.3.	ANÁLISIS DE LA MEZCLA RECICLADA AL 100%	131
4.1.4.	ANÁLISIS DE LA MEZCLA RECICLADA COMBINADA CON AGREGADOS NUEVOS	138
4.2.	ANÁLISIS DE COSTOS	144
4.2.1.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS	148

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES	149
5.2. RECOMENDACIONES	150

ANEXOS

Anexo A:	PLANILLAS DE CARACTERIZACIÓN MATERIALES RECICLADOS
Anexo B:	PLANILLAS DE CARACTERIZACIÓN MATERIALES DE APORTACIÓN
Anexo C:	PLANILLAS DE DISEÑO MARSHALL
Anexo D:	PLANILLAS DE PRECIOS UNITARIOS Y COSTO FINAL

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 2.1. Central discontinua sin calentamiento de RAP	26
Figura 2.2. Central discontinua con calentamiento simultáneo de RAP	27
Figura 2.3. Central discontinua con tambor paralelo	28
Figura 2.4. Central discontinua con tambor secador – mezclador	28
Figura 2.5. Demolición mecánica de un firme	54
Figura 2.6. Fresado de capas bituminosas envejecidas	55
Figura 2.7. Trituradora de MBR para obtener diferentes fracciones	56

CAPÍTULO III

Figura 3.1: Curva Granulométrica del agregado a reciclar	73
Figura 3.2: Curva Granulométrica del agregado grueso (Grava)	83
Figura 3.3: Curva Granulométrica del agregado grueso (Gravilla)	84
Figura 3.4: Curva Granulométrica del agregado fino (Arena)	85

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CAPÍTULO III

Gráfico 3.1: Curva Densidad vs. % Betún Adicional (Reciclado al 100%)	121
Gráfico 3.2: Curva Estabilidad vs. % Betún Adicional (Reciclado al 100%)	122
Gráfico 3.3: Curva Flujo vs. % Betún Adicional (Reciclado al 100%)	122
Gráfico 3.4: Curva % Vacíos vs. % Betún Adicional (Reciclado al 100%)	123
Gráfico 3.5: Curva Relación Betún - Vacíos vs. % Betún Adicional (Reciclado al 100%)	123
Gráfico 3.6: Curva Vacíos Agregado Mineral vs. % Betún Adicional (Reciclado al 100%)	124
Gráfico 3.7: Curva Densidad vs. % Betún Adicional (Reciclado Combinado)	125
Gráfico 3.8: Curva Estabilidad vs. % Betún Adicional (Reciclado Combinado)	125
Gráfico 3.9: Curva Flujo vs. % Betún Adicional (Reciclado Combinado)	126
Gráfico 3.10: Curva % Vacíos vs. % Betún Adicional (Reciclado Combinado)	126
Gráfico 3.11: Curva Relación Betún - Vacíos vs. % Betún Adicional (Reciclado Combinado)	127
Gráfico 3.12: Curva Volumen Agregado Mineral vs. % Betún Adicional (Reciclado Combinado)	127

CAPÍTULO IV

Gráfico 4.1: Curva Densidad vs. % Betún Adicional (Reciclado al 100%)	132
Gráfico 4.2: Curva Estabilidad vs. % Betún Adicional (Reciclado al 100%)	133
Gráfico 4.3: Curva Flujo vs. % Betún Adicional (Reciclado al 100%)	134
Gráfico 4.4: Curva % Vacíos vs. % Betún Adicional (Reciclado al 100%)	135
Gráfico 4.5: Curva Relación Betún - Vacíos vs. % Betún Adicional (Reciclado al 100%)	136
Gráfico 4.6: Curva Vacíos Agregado Mineral vs. % Betún Adicional (Reciclado al 100%)	137

Gráfico 4.7: Curva Densidad vs. % Betún Adicional (Reciclado Combinado)	139
Gráfico 4.8: Curva Estabilidad vs. % Betún Adicional (Reciclado Combinado)	140
Gráfico 4.9: Curva Flujo vs. % Betún Adicional (Reciclado Combinado)	141
Gráfico 4.10: Curva % Vacíos vs. % Betún Adicional (Reciclado Combinado)	142
Gráfico 4.11: Curva Relación Betún - Vacíos vs. % Betún Adicional (Reciclado Combinado)	143
Gráfico 4.12: Curva Volumen Agregado Mineral vs. % Betún Adicional (Reciclado Combinado)	144

ÍNDICE DE ESQUEMAS

CAPÍTULO I

Esquema 1.1: Análisis de caracterización y empleo de la carpeta asfáltica a reciclar	8
Esquema 1.2: Obtención de muestras para ensayos de Resistencia Técnica para el reciclado del 100% de la carpeta asfáltica	9
Esquema 1.3: Obtención de muestras para ensayos de Resistencia Técnica para el reciclado de la carpeta asfáltica adicionando agregado nuevo.	9
Esquema 1.4: Cantidad de ensayos para la caracterización de materiales.	10

CAPÍTULO II

Esquema 2.1: Productos Bituminosos	32
------------------------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

Tabla 1.1: Conceptualización y Operacionalización de Variables	6
--	---

CAPÍTULO II

Tabla 2.1: Principales ventajas de las técnicas de reciclado	21
Tabla 2.2: Propiedades de Mezclas Bituminosas Convencional y Reciclad	38
Tabla 2.3: Ensayos de laboratorio Normalizados para Agregados	43
Tabla 2.4: Ensayos de laboratorio Normalizados para Asfaltos	44
Tabla 2.5: Requisitos de calidad del material pétreo para carpetas asfálticas de granulometría densa.	45
Tabla 2.6: Requisitos de granulometría del material pétreo para carpetas asfálticas de granulometría densa.	45
Tabla 2.7: Requisitos de calidad para cemento asfáltico, clasificado por viscosidad dinámica a 60°C.	46
Tabla 2.8. Criterios de selección de los números de porcentajes de cemento asfáltico necesarios para el diseño Marshall	48

CAPÍTULO III

Tabla 3.1: Granulometría del Agregado a Reciclar	72
Tabla 3.2: Tabla de resultados de Peso Específico del Agregado Grueso	75
Tabla 3.3: Tabla de resultados de Peso Específico del Agregado Fino	78
Tabla 3.4: Tabla de resultados de Contenido de Asfalto	79
Tabla 3.5: Tabla de resultados del ensayo de Penetración	80
Tabla 3.6: Tabla de resultados del ensayo de Viscosidad	81
Tabla 3.7: Tabla de resultados de lo granulometría del agregado grueso (Grava)	83
Tabla 3.8: Tabla de resultados de lo granulometría del agregado grueso (Gravilla)	84
Tabla 3.9: Tabla de resultados de la granulometría del agregado fino (Arena)	85
Tabla 3.10: Tabla de resultados del peso específico del agregado fino (Arena)	88
Tabla 3.11: Tabla de resultados del peso específico del agregado grueso (Gravilla)	90

Tabla 3.12: Tabla de resultados del peso específico del agregado grueso (Grava)	92
Tabla 3.13: Tabla de pesos del agregado grueso y N° de esferas para el Desgaste de los Ángeles.	93
Tabla 3.14: Tabla de datos del Desgaste de los Ángeles	94
Tabla 3.15: Tabla de resultados del Desgaste de los Ángeles	94
Tabla 3.16: Tabla de datos y resultados de Equivalente de Arena	98
Tabla 3.17: Tabla de datos y resultados del ensayo de Penetración	100
Tabla 3.18: Tabla de datos y resultados del ensayo de Viscosidad.	101
Tabla 3.19: Tabla de datos y resultados del ensayo de Ductilidad.	102
Tabla 3.20: Tabla de datos y resultados del ensayo de Punto de Inflamación	104
Tabla 3.21: Tabla de datos y resultados del ensayo de Punto de Ablandamiento.	106
Tabla 3.22: Tabla de datos y resultados del ensayo de Peso Específico.	108
Tabla 3.23: Tabla de resultados del ensayo Marshall para muestra reciclada al 100%.	121
Tabla 3.24: Tabla de resultados del ensayo Marshall para muestra reciclada combinada	124

CAPÍTULO IV

Tabla 4.1: Tabla de ensayos realizados para el material a reciclar	128
Tabla 4.2: Tabla de ensayos realizados para el material nuevo de aporte	129
Tabla 4.3: Valores del coeficiente de Student	130
Tabla 4.4: Tabla Resumen para la determinación del Porcentaje Óptimo de Betún Adicional para mezcla reciclada al 100%	131
Tabla 4.5: Tabla Resumen para la determinación del Porcentaje Óptimo de Betún Adicional para mezcla Combinada con Agregados Nuevos.	138
Tabla 4.6. Análisis de Precios Unitarios de la Carpeta Asfáltica Convencional	145
Tabla 4.7. Análisis de Precios Unitarios de la Carpeta Asfáltica Reciclada al 100%	146
Tabla 4.8. Análisis de Precios Unitarios de la Carpeta Asfáltica Combinada	147
Tabla 4.9. Análisis Comparativo de Costos de las Carpetas Asfálticas en estudio	148

ÍNDICE DE IMÁGENES

CAPÍTULO III

Imagen 3.1: Croquis de Ubicación del muestreo	64
Imagen 3.2: Muestra 1, Av. La Paz entre Av. Jaime Paz y Calle Avaroa	65
Imagen 3.3: Muestra 2, Av. La Paz entre calle La Madrid y Av. Belgrano	66
Imagen 3.4: Muestra 3, Av. La Paz entre calle Oruro y Bolívar	67
Imagen 3.5: Especificaciones del Betún Nuevo de Aporte	68
Imagen 3.6: Lavado de la carpeta asfáltica a reciclar	69
Imagen 3.7: Obtención del peso antes de llevar al horno para su desintegración	69
Imagen 3.8: Colocado de la carpeta desintegrada dentro del extractor centrífugo	70
Imagen 3.9: Agregado Reciclado sin ligante	70
Imagen 3.10: Lavado de la muestra para granulometría	71
Imagen 3.11: Juego de tamices para granulometría	71
Imagen 3.12: Obtención de pesos retenidos en cada tamiz	72
Imagen 3.13: Lavado del material retenido en el tamiz N°4	74
Imagen 3.14: Muestra sumergida en agua por 24 hrs	74
Imagen 3.15: Secado superficial de la muestra saturada	74
Imagen 3.16: Determinación del peso sumergido	75
Imagen 3.17: Lavado del material que pasa por el tamiz N°4	76
Imagen 3.18: Muestra sumergida en agua por 24 hrs	76
Imagen 3.19: Secado superficial con secadora	76
Imagen 3.20: Verificación la condición muestra saturada con superficie seca	77
Imagen 3.21: Determinación del peso específico	77
Imagen 3.22: Ensayo de penetración	79
Imagen 3.23: Ensayo de viscosidad a una temperatura de 135°C	80
Imagen 3.24: Lavado del material grueso	81
Imagen 3.25: Tamizado manual por la serie de tamices	82
Imagen 3.26: Obtención de los pesos retenidos en cada tamiz	82
Imagen 3.27: Lavado del material que pasa por el tamiz N°4	86
Imagen 3.28: Muestra sumergida en agua por 24 hrs	86
Imagen 3.29: Secado superficial con secadora	87
Imagen 3.30: Verificación de la condición muestra saturada con superficie seca	87
Imagen 3.31: Vertido de la muestra al matraz	87
Imagen 3.32: Peso de la muestra más agua.	88
Imagen 3.33: Obtención del peso de la muestra seca	88
Imagen 3.34: Pesaje del material retenido en el tamiz N° 4	89
Imagen 3.35: Secado superficial de la muestra saturada 24 hrs antes	89

Imagen 3.36: Obtención del peso sumergido	89
Imagen 3.37: Pesaje del material retenido en el tamiz N°4	90
Imagen 3.38: Secado superficial de la muestra saturada en agua	91
Imagen 3.39: Obtención del peso sumergido en agua	91
Imagen 3.40: Secado de la muestra en el horno	91
Imagen 3.41: Colocado de la muestra en la máquina de los ángeles con el N° de esferas correspondiente.	94
Imagen 3.42: Muestra después del ensayo en la máquina de los ángeles	94
Imagen 3.43: Pesaje de la muestra retenida en el tamiz N° 12, después del lavado y secado en el horno	94
Imagen 3.44: Pesaje de la muestra sin lavar y vertido de la solución	96
Imagen 3.45: Colocado de la muestra dentro de la probeta	96
Imagen 3.46: Agitado de la muestra con la solución	97
Imagen 3.47: Muestra en reposo por 20 min	97
Imagen 3.48: Obtención de las lecturas H1 y H2	97
Imagen 3.49: Colocado del betún en taras	99
Imagen 3.50: Muestras en baño María de 25°C	99
Imagen 3.51: Realización del ensayo de penetración	99
Imagen 3.52: Calentado del aceite y colocado del viscosímetro con el material bituminoso	100
Imagen 3.53: Colocado de la muestra en moldes	101
Imagen 3.54: Colocado de las muestras al ductilímetro	102
Imagen 3.55: Muestra en ensayo de ductilidad	102
Imagen 3.56: Muestra en la copa de Cleveland	103
Imagen 3.57: Muestra en ensayo pasando la llame de fuego	104
Imagen 3.58: Muestra en molde para punto de Ablandamiento	105
Imagen 3.59: Muestra en baño de 5°C por media hora	105
Imagen 3.60: Muestra sobre calor	105
Imagen 3.61: Muestra en ensayo, hasta la caída de las esferas	106
Imagen 3.62: Peso de los picnómetros vacíos	107
Imagen 3.63: Peso de los picnómetros calibrados con agua	107
Imagen 3.64: Picnómetros con muestra	107
Imagen 3.65: Llenado con agua a picnómetros con muestra	108
Imagen 3.66: Peso de muestras con previo baño María a 25°C	108
Imagen 3.67: Calentado de la Muestra Asfáltica a Reciclar	111
Imagen 3.68: Pesaje y Vertido del Betún adicional a la mezcla reciclada 100%	111
Imagen 3.69: Mezclado constante hasta alcanzar la temperatura deseada	112
Imagen 3.70: Elaboración de Briquetas por el Método Marshall	112
Imagen 3.71: Compactación de Briquetas con martillo Marshall	113
Imagen 3.72: Muestra reposando por 2 hrs, para luego desmoldar con un extractor de núcleos.	113
Imagen 3.73: Separación los agregados por tamaño para armar la granulometría	114
Imagen 3.74: Agregados listos para adicionar a la mezcla bituminosa	114

Imagen 3.75: Preparación de la Mezcla Bituminosa nueva	115
Imagen 3.76: Adición de la carpeta asfáltica a reciclar previamente calentada y aumentar el porcentaje de Betún adicional según corresponda	115
Imagen 3.77: Elaboración de Briquetas	115
Imagen 3.78: Compactación con martillo con 75 golpes por cara	116
Imagen 3.79: Desmoldado de briquetas después de un reposo mínimo de 2 hrs	116
Imagen 3.80: Pesaje de cada briqueta en su estado seco al aire libre	117
Imagen 3.81: Briquetas en Baño María a 25°C por 5 min.	117
Imagen 3.82: Pesaje de briquetas saturadas con superficie seca.	118
Imagen 3.83: Determinación del peso sumergido en el agua	118
Imagen 3.84: Briquetas en baño María a 60°C por 35 min para cada una	119
Imagen 3.85: Colocado de briquetas en la mordaza Marshall	119
Imagen 3.86: Lectura del dial de Estabilidad (dentro del anillo Marshall) y el dial de deformación para el Flujo	120
Imagen 3.87: Briqueta ensayada (rota)	120