

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“AFECCION DE LA ESTABILIDAD MARSHALL DE UNA MEZCLA
ASFALTICA TRADICIONAL MODIFICANDOLA MEDIANTE LA ADICION DE
LECHADA DE CEMENTO, EN REEMPLAZO AL CONTENIDO DE AGREGADO
FINO”**

Por:

RICHARD GUILLERMO REYNOSO MENACHO

Proyecto de Ingeniería civil, presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el Grado académico de Licenciatura en Ingeniería civil.

Gestión 2014

TARIJA-BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACION

**“AFECCION DE LA ESTABILIDAD MARSHALL DE UNA MEZCLA
ASFALTICA TRADICIONAL MODIFICANDOLA MEDIANTE LA ADICION DE
LECHADA DE CEMENTO, EN REEMPLAZO AL CONTENIDO DE AGREGADO
FINO”**

Por:

RICHARD GUILLERMO REYNOSO MENACHO

Proyecto de Ingeniería civil, presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el Grado académico de Licenciatura en Ingeniería civil.

TARIJA – BOLIVIA

.....
MSc. Ing. Ernesto Álvarez Gonzalvez

DECANO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

.....
MSc. Ing. Silvana Paz

VICEDECANA DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

TRIBUNAL

.....
M. Sc. Ing. Adolfo Reynaldo Molina López

.....
Ing. Wilson Roger Yucra Rivera

.....
Ing. Nelson Rodríguez

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto de grado a Dios, ya que sin el nada de esto sería posible, y por permitirme llegar hasta este momento tan importante en mi formación profesional; a mis padres Richard Reynoso y Marlene Menacho por ser los pilares fundamentales en momentos de necesidad, apoyo y aliento; a mi abuela Dina Mendieta, quien fue una madre más para mí y desde niño supo inculcarme valores y principios. Finalmente a mis hermanas por su apoyo fiel y afecto.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la fuerza para seguir adelante en cada paso que doy y ayudarme a cruzar todos los obstáculos que el camino traspone.

A mis padres, familia y amigos que sin dudar, me han apoyado en todos los proyectos emprendidos en mi vida, demostrándome su amor incondicional, y que han sabido guiarme y corregirme en mis errores y han celebrado mis triunfos.

A la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, y a la carrera de Ingeniería Civil por abrirme sus puertas en sus enseñanza y formación académica.

PENSAMIENTO

“Las ciencias de los ingenieros son aquellas que dan los modos del conocimiento en las direcciones y los métodos en la facilidad de poder mover los obstáculos, para la invención de esta arte y su exteriorización en acción de los cuerpos físicos y sensibles.”

ARTURO FRONDIZI

INDICE GENERAL

CAPITULO I DISEÑO METODOLOGICO	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Justificación	4
1.4 Situación Problemica	5
1.4.1 Problema.....	6
1.5 Objetivos	6
1.5.1 Objetivo General	6
1.5.1 Objetivos Específicos	6
1.6 Alcance	7
CAPITULO II MARCO TEORICO	9
2.1 MEZCLAS ASFÁLTICAS	9
2.1.1 Definición	9
2.1.2 Empleo de mezclas asfálticas en la construcción de pavimentos	12
2.1.3 Propiedades de las mezclas asfálticas para capas de rodadura	14
2.1.4 Evolución del diseño de las mezclas asfálticas en caliente	15
2.2 ASFALTOS	17
2.2.1 Antecedentes	17
2.2.2 Definición de asfalto	18
2.2.3 Clasificación, propiedades físicas y químicas del asfalto	19
2.2.3.1 Propiedades químicas del asfalto	19
2.2.3.2 Propiedades físicas del asfalto	20
2.2.4 Obtención de asfalto en refinerías	21
2.2.4.1 Destilación primaria.....	21
2.2.4.2 Destilación al vacío	22
2.2.4.3 Desasfaltizacion con propano o butano	22
2.2.4.4 Composición del asfalto	23

2.2.5 Tipos de asfalto utilizados en pavimentos	24
2.2.5.1 Asfaltos rebajados de fraguado rápido (FR)	24
2.2.5.2 Asfaltos rebajados de fraguado medio (FM)	25
2.2.5.3 Asfaltos rebajados de fraguado lento (FL)	25
2.2.5.4 Cementos asfálticos (AC)	26
2.2.5.5 Asfaltos líquidos	26
2.2.5.5.1 Asfalto de curado rápido	27
2.2.5.5.2 Asfalto de curado medio	27
2.2.5.5.3 Asfalto de curado lento	27
2.2.5.5.4 Road Oil	27
2.2.5.6 Emulsiones asfálticas	27
2.2.5.7 Otros tipos de asfaltos	28
2.2.6 Normatividad	29
2.2.6.1 Normas y ensayos aplicados a asfaltos	29
2.2.6.1.1 Viscosidad ASTM 2170	30
2.2.6.1.2 Penetración ASTM D 5	30
2.2.6.1.3 Punto de inflamación ASTM D 92	30
2.2.6.1.4 Peso específico ASTM D 70	31
2.2.6 Tipos de Asfaltos Utilizados según el clima	31
2.3 MATERIALES PETREOS	33
2.3.1 Importancia del agregado en una mezcla asfáltica	33
2.3.2 Definición de agregado	34
2.3.2.1 Tipos de agregado	34
2.3.2.2 Propiedades de los agregados pétreos	35
2.3.2.2.1 Propiedades individuales	35
2.3.2.2.2 Propiedades en conjunto	35
2.3.2.3 Conceptos más frecuentes relacionados a los agregados	35
2.3.2.4 Clasificación de las rocas	36
2.3.2.4.1 Clasificación según la formación de las rocas	36
2.3.2.5 Clasificación y producción de agregados	37
2.3.2.5.1 Clasificación de los agregados	37
2.3.2.5.1.1 Agregados naturales	38

2.3.2.5.1.2 Agregados procesados	38
2.3.2.5.1.3 Agregados sintéticos	39
2.3.2.5.2 Naturaleza petrológica de los agregados	40
2.3.2.5.2.1 Agregados calizos	40
2.3.2.5.2.2 Agregados silíceos	40
2.3.2.5.2.3 Agregados ígneos y metamórficos	41
2.3.2.5.3 Producción de agregados	41
2.3.3 Acopio y manejo de agregados	42
2.3.3.1 Generalidades	42
2.3.3.2 Acopio de agregados	43
2.3.3.2.1 Practicas para la construcción de acopios	43
2.3.4 Importancia del muestreo y reducción de agregado	45
2.3.4.1 Importancia del muestreo de agregado	45
2.3.4.2 Importancia de la reducción de agregado	46
2.3.5 Importancia y consideraciones de los agregados que se utilizan en mezclas asfálticas calientes (M.A.C.)	47
2.3.5.1 Consideraciones acerca del empleo de agregados pétreos	47
2.3.5.2 Propiedades de los agregados utilizados en M.A.C.	48
2.3.5.2.1 Graduación y tamaño de la partícula	49
2.3.5.2.1.1 Graduación	49
2.3.5.2.1.2 Tamaño máximo de la partícula.....	49
2.3.5.2.2 Limpieza	49
2.3.5.2.3 Dureza	50
2.3.5.2.4 Forma de la partícula	51
2.3.5.2.5 Textura superficial	53
2.3.5.2.6 Resistencia al pulimiento	54
2.3.5.2.7 Capacidad de absorción	54
2.3.5.2.8 Afinidad con el asfalto	55
2.3.5.2.9 Peso específico	56
2.3.5.2.10 Alterabilidad	57
2.3.5.2.11 Resistencia al desprendimiento	58
2.3.5.2.12 Aptitud para contribuir a la resistencia y rigidez de la mezcla en conjunto	58
2.3.6 Clasificación del agregado pétreo de acuerdo a su tamaño	59

2.3.6.1 Agregado grueso	59
2.3.6.1.1 Definición de agregado grueso	59
2.3.6.1.2 Características y propiedades deseables del agregado grueso para su utilización en mezclas asfálticas	59
2.3.6.2 Agregado fino	62
2.3.6.2.1 Definición de agregado fino	62
2.3.6.2.2 Características y propiedades deseables del agregado fino para su utilización en mezclas asfálticas	63
2.3.6.3 Polvo mineral (Filler)	64
2.3.6.3.1 Definición de polvo mineral (Filler)	64
2.3.6.3.2 Características deseables o de mayor interés del polvo mineral (Filler) .	65
2.3.6.3.3 Propiedades del polvo mineral (Filler) como componente de mezclas asfálticas.....	67
2.3.7 Análisis Granulométrico	68
2.3.7.1 Definición e importancia de una buena granulometría del agregado	68
2.3.7.2 Métodos utilizados para determinar la granulometría	73
2.3.7.2.1 Tamizado en seco	73
2.3.8 Especificaciones para los agregados utilizados en mezcla asfáltica diseñadas por el método Marshall	74
2.3.8.1 Especificaciones Técnicas	74
2.3.8.1 Requisitos que deben cumplir los agregados	75
2.3.8.2.1 Agregado Grueso	75
2.3.8.2.2 Agregado Fino	75
2.3.8.2.2.1 Especificaciones para agregado fino en mezclas de pavimentos bituminosos, según AASHTO M 29.	75
2.3.8.2.2.3 Granulometría de agregados combinados (finos y gruesos).....	76
2.3.9 Ensayos realizados a los agregados pétreos para ser utilizados en mezclas asfálticas calientes	77
2.3.9.1 Análisis por tamizado de agregados grueso y fino. (AAHSTO T 27- 99) (ASTM C 136-01)	77
2.3.9.2 Partículas planas, partículas alargadas, o partículas planas y alargadas en agregado grueso. (ASTM C 4791-99)	77
2.3.9.3 Finos plásticos en agregado graduado y suelos por el uso del ensayo del equivalente de arena. (AAHSTO T 176- 02) (ASTM D 2419).....	78
2.3.9.4 Gravedad específica y absorción del agregado fino. (AAHSTO T 84-00) (ASTM C 128-97)	78
2.3.9.5 Gravedad específica y absorción del agregado grueso. (AAHSTO T 85- 91)(2000) (ASTM C 128-88) (1993).....	79

2.3.9.6 Resistencia al desgaste de agregado grueso de tamaño pequeño por impacto y abrasión en la máquina los Ángeles. (AAHSTO T 96-2002) (ASTM C 131-2001).....79

2.4 DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CALIENTE CON EL METODO MARSHALL80

2.4.1 Contenido óptimo de cemento asfáltico	80
2.4.2 Características de la mezcla (Analizando el método Marshall).....	82
2.4.2.1 Densidad	82
2.4.2.2 Vacíos de aire	83
2.4.2.3 Vacíos en el agregado mineral (VMA).....	83
2.4.2.4 Vacíos llenos de asfalto (VFA).....	84
2.4.3 Método de diseño Marshall	84
2.4.3.1 Metodología	84
2.4.3.2 Propósito de la Metodología	84
2.4.3.3 Descripción General	85
2.4.3.4 Especificaciones de la Metodología	85
2.4.3.5 Evaluación y ajustes de una mezcla de diseño.	87
2.4.3.5.1 Lineamientos Generales para Ajustar las Mezclas de Prueba.	88
2.4.4 Ensayos realizados a la mezcla asfáltica compactada	90
2.4.4.1 Gravedad Específica Teórica Máxima y Densidad de Mezclas Bituminosas de Pavimentación.....	90
2.4.4.2 Determinación de la gravedad específica bulk	90
2.4.4.3 Resistencia de Mezclas Bituminosas al Flujo Plástico Utilizando el Aparato Marshall	91
2.4.4.4 Análisis de Densidad y Vacíos	91
2.4.5 Dosificación de Agregados	92
2.4.5.1 Dosificación.....	92
2.4.5.2 Método analítico	92
2.4.5.2.1 Dosificación Para Dos Agregados	92
2.5 MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA	94
2.5.1 Definición de mezcla asfáltica modificada	94
2.5.2 Lechada de Cemento o Mortero de Cemento	95
2.5.2.1 Definición	95
2.5.2.2 Características mecánicas	96
2.5.2.3 Clasificación de la lechada de cemento o morteros.....	96

2.5.2.4 Composición de la lechada de cemento	97
2.5.2.4.1 Cemento	97
2.5.2.4.2 Relación agua cemento	98
CAPITULO III ENSAYOS DE LOS MATERIALES	100
3.1 DATOS DEL AGREGADO PETREO	100
3.1.1 Agregados provenientes de la Chancadora Tacuara	100
3.1.2 Geología	101
3.1.3 Muestreo de materiales pétreos de la Chancadora Tacuara empleando la norma ASTM D 75 (AASHTO T-2)	101
3.1.3.1 Objetivo	101
3.1.3.2 Toma de muestras	101
3.1.3.3 Muestreo	102
3.1.3.3.1 Muestreo de correas transportadoras	102
3.1.3.3.1 Muestreo de acopios	103
3.1.4 Peso específico y absorción de los agregados finos empleando la norma ASTM C 128 (AASHTO T-84).....	103
3.1.5 Peso específico y absorción de los agregados grueso empleando la norma ASTM C 127 (AASHTO T-85).....	105
3.1.6 Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos aplicando la norma ASTM C 136 (AASHTO T 27)	107
3.1.7 Determinación del valor “Equivalente de arena” de suelos y agregados finos aplicando la norma ASTM D 2419.....	113
3.1.8 Ensayo de determinación de la resistencia a la abrasión del agregado grueso de tamaño pequeño usando la Máquina de Desgaste de los Ángeles, empleando la norma AASHTO T 96 (ASTM C 131).	114
3.1 DATOS DEL CEMENTO ASFALTICO	118
3.2.1 Viscosidad de materiales bituminosos empleando la norma AASHTO T 72.	118
3.2.2 Índice de penetración en cementos asfálticos empleando la norma ASTM D 5 (AASHTO T 49).....	120
3.2.3 Determinación del punto de ignición mínimo de una muestra de cemento asfáltico empleando la norma AASHTO T 48	121

3.2.4 Determinación del peso específico del material bituminoso aplicando la norma AASHTO T 228	123
---	-----

CAPITULO IV DISEÑO DE LA MEZCLA ASFALTICA TRADICIONAL Y LA MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA CON LECHADA DE CEMENTO126

4.1 DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TRADICIONAL	126
4.1.1 Requerimientos	126
4.1.2 Relaciones volumétricas y gravimétricas de las mezclas asfálticas.	126
4.1.2.1 Peso específico Bulk del agregado (Gsb)	129
4.1.2.2 Peso específico Efectivo del agregado (Gse)	129
4.1.2.3 Peso específico teórico máximo (Gmm)	130
4.1.2.4 Absorción de asfalto (Pba)	130
4.1.2.5 Contenido efectivo de asfalto (Pbe).....	131
4.1.2.6 Vacíos de agregado mineral (VAM)	131
4.1.2.7 Vacíos de aire (Va).....	132
4.1.2.8 Vacíos llenados con asfalto (VFA).....	132
4.1.3 Dosificación de los agregados para la mezcla asfáltica convencional.	132
4.1.3.1 Combinación de tres agregados	133
4.1.4 Diseño de la mezcla asfáltica en caliente tradicional	136
4.1.4.1 Método Marshall del diseño de mezcla	136
4.1.4.2 Dosificación del asfalto	136
4.1.4.2.1 Método del área superficial	137
4.1.4.2.2 Método de Distribución de los agregados	138
4.1.4.2.3 Contenido de asfalto promedio	139
4.1.4.3 Preparación de las briquetas de ensayo	140
4.1.4.4 Ensayo de muestras	144
4.1.4.5 Resultados	146
4.2 DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA	151
4.2.1 Dosificación de los agregados para la mezcla asfáltica modificada	151
4.2.1.1 Combinación de dos agregados	151
4.2.2 Diseño de la mezcla asfáltica sin agregado fino, en caliente	153
4.2.2.1 Método Marshall del diseño de mezcla	153
4.2.2.2 Dosificación del asfalto	154
4.2.2.2.1 Método de Distribución de los agregados	154
4.2.2.3 Resultados obtenidos en el diseño de la mezcla asfáltica sin agregado fino	156

4.2.3 Diseño de la lechada de cemento	159
4.2.3.1 Datos del diseño	159
4.2.3.2 Desarrollo de la dosificación	160
4.2.4 Diseño de la Mezcla asfáltica modificada con lechada de cemento por el método Marshall	162
4.2.4.1 Procedimiento	162
4.2.4.2 Resultados	164
4.2.4.2.1 Resultados obtenidos en el diseño de la mezcla asfáltica modificada con lechada de cemento	164
4.3 ANALISIS DE RESULTADOS Y COMPARACIONES	170
4.3.1 Análisis comparativo de las mezclas asfálticas	170
4.3.2 Afección en la estabilidad Marshall de la mezcla asfáltica modificada con lechada de cemento	173
4.3.3 Análisis de precios unitarios.....	174
4.3.3.1 Precio unitario de la mezcla asfáltica tradicional.....	174
4.3.3.1 Precio unitario de la mezcla asfáltica modificada con lechada de cemento	175
4.3.4 Análisis de resultados a los ensayos aplicados a los agregados y al cemento asfáltico.....	176
4.3.4.1 Agregados procedentes de la Chancadora Tacuara.....	176
4.3.4.1 Cemento Asfáltico BETUPEN PLUS 85/100.....	177
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	178
4.1 CONCLUSIONES	178
4.1.1 Conclusiones generales	178
4.1.2 Recomendaciones	181
4.1.3 Bibliografía	183

