

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



**“ANÁLISIS DE DOSIFICACIONES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE OBTENIENDO OPTIMIZACIÓN DE PROPIEDADES”**

**Por:**

**LUIS MIGUEL CASTILLO CARRASCO**

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

SEMESTRE I – 2017

**TARIJA – BOLIVIA**

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

**“ANÁLISIS DE DOSIFICACIONES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS  
EN CALIENTE OBTENIENDO OPTIMIZACIÓN DE  
PROPIEDADES”**

**Por:**

**LUIS MIGUEL CASTILLO CARRASCO**

**SEMESTRE I – 2017**

**TARIJA – BOLIVIA**

.....  
M.Sc.Ing. Ernesto R. Álvarez Gozalvez  
**DECANO**  
**FACULTAD DE**  
**CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

.....  
M.Sc.Ing. Silvana Paz Ramírez  
**VICEDECANA**  
**FACULTAD DE**  
**CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

**TRIBUNAL:**

.....  
**Ing. Marcelo H. Pacheco Núñez**

.....  
**Ing. Ada Gladis López Rueda**

.....  
**Ing. Weimar A. Mejía Mogrovejo**

## **ADVERTENCIA**

El Tribunal Calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo esto responsabilidad del autor.

### **DEDICATORIAS:**

Esta titulación se la dedico a mi Papi q me ve desde el Cielo... a mi mama Judith mami marcela que fueron los pilares fundamentales en mi vida, a mi pareja Katherinne Andrea que siempre estuvo a mi lado a mis hermanos, Tíos y a toda mi familia que siempre estaban a mi lado..... (GRACIAS).

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de dar un paso más en la vida....

A mis mamis **Judith: Marcela** que siempre me dieron el apoyo incondicional para salir adelante a ellas 2 les digo **GRACIAS.**

A mi pareja **Katherinne Andrea** que fue una persona muy especial en el transcurso de mi vida, apoyándome siempre, por eso también te digo **GRACIAS.**

A mi **Tío Eduardo** que estuvo conmigo en los momentos buenos y malos.

A **Gerardo Beltrán** le agradezco por estar conmigo en los buenos y malos momentos.

A toda mi familia les digo GRACIAS...!!!

**PENSAMIENTO:**

*“Cuanto más grande es la dificultad, más  
gloria hay en superarla “*

**Epicuro**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Advertencia  
Dedicatoria  
Agradecimiento  
Pensamiento  
Resumen

## ÍNDICE

### CAPITULO I

<b>ÍNDICE .....</b>	<b>Pág.</b>
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	1
1.3. DISEÑO TEÓRICO .....	2
1.3.1. BREVE DESCRIPCIÓN DE CAUSALES IDENTIFICADOS .....	2
1.3.1. IDENTIFICACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO .....	2
1.3.2. ESTABLECIMIENTO DE LA PERSPECTIVA .....	2
1.3.3. SITUACIÓN PROBLÉMICA.....	2
1.3.4. DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO OCURRIDO .....	2
1.3.5. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.4. OBJETIVOS .....	3
1.4.1. OBJETIVO GENERAL .....	3
1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	3
1.5. HIPÓTESIS.....	3
1.6. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES .....	3
1.6.1. CONCEPTUALIZACION Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....	4
1.6.2. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	5
1.6.3. VARIABLE DEPENDIENTE.....	5
1.7. DISEÑO METODOLÓGICO .....	6
1.8. UNIDAD DE ESTUDIO .....	6



1.8.1.	POBLACIÓN.....	6
1.8.2.	TAMAÑO Y MUESTRA.....	6
1.8.2.1.	Muestra .....	6
1.8.2.2.	Muestreo.....	6
1.8.3.	PROPIEDADES. ....	7
1.8.4.	SELECCIÓN NIVEL DE CONFIANZA .....	7
1.8.5.	PLANILLA MUESTRA ESTRATIFICADA .....	7
1.10.	ALCANCE.....	7

## **CAPÍTULO II**

### **MEZCLAS ASFÁLTICAS**

#### **CARACTERÍSTICAS GENERALES**

2.	MARCO TEÓRICO.....	8
2.1-	MARCO CONCEPTUAL.....	8
2.2.	PAVIMENTO .....	8
2.2.1	TIPOS DE PAVIMENTOS.....	8
2.2.2.	PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	8
2.2.3.	PAVIMENTOS RÍGIDOS.....	9
2.2.4.	PAVIMENTOS SEMIRÍGIDOS.....	9
2.2.5.	TIPOS DE PAVIMENTO FLEXIBLE.....	9
	PAVIMENTOS CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL .....	9
2.3.	MARCO REFENCIAL .....	10
2.3.1.	EL CEMENTO ASFÁLTICO .....	10
2.3.1.1.	DEFINICIÓN .....	10
2.3.2.	REFINACIÓN DEL PETRÓLEO CRUDO PARA LA OBTENCIÓN DEL CEMENTO ASFÁLTICO .....	10
2.3.2.1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ASFALTO .....	11
2.3.3.	ENSAYOS PARA CARACTERIZAR EL CEMENTO ASFÁLTICO ..	11
2.3.4.	PROPIEDADES DEL MATERIAL ASFÁLTICO .....	11
2.3.5.	ENSAYOS EN MATERIALES ASFÁLTICOS .....	12

2.3.5.1.	<b>PENETRACIÓN</b> .....	12
2.3.5.2.	<b>VISCOSIDAD</b> .....	12
2.3.5.3.	<b>PUNTO DE INFLAMACIÓN</b> .....	13
2.3.5.4.	<b>ENSAYO EN ESTUFA EN PELÍCULA DELGADA</b> .....	14
2.3.5.5.	<b>DUCTILIDAD</b> .....	14
2.3.5.6.	<b>PESO ESPECÍFICO</b> .....	14
2.3.5.7.	<b>TEMPERATURAS DE APLICACIÓN DEL ASFALTO</b> .....	14
2.3.6.	<b>AGREGADOS PARA EL USO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS</b> .....	15
2.3.6.1.	<b>GENERALIDADES</b> .....	15
2.3.7.	<b>TIPOS DE AGREGADOS UTILIZADOS EN MEZCLAS ASFÁLTICAS</b>	15
2.3.7.1.	<b>Agregado Grueso</b> .....	15
2.3.7.2.	<b>Piedra Triturada</b> .....	16
2.3.7.3.	<b>Grava Triturada</b> .....	16
2.3.7.4.	<b>Agregado Fino</b> .....	16
2.3.7.5.	<b>Arena</b> .....	16
2.3.7.6.	<b>Filler</b> .....	17
2.3.7.7.	<b>ENSAYOS DE CALIDAD DE LOS AGREGADOS</b> .....	17
2.4.	<b>MARCO NORMATIVO</b> .....	18
2.4.1.	<b>MEZCLAS ASFÁLTICAS</b> .....	18
2.4.2.	<b>TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS</b> .....	18
2.4.2.1.	<b>DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE (*)</b> .....	18
2.4.2.2.	<b>Mezclas Asfálticas en Frío</b> .....	19
2.4.2.3.	<b>Mezclas Porosas Drenantes</b> .....	19
2.4.2.4.	<b>Micro aglomerados</b> .....	19
2.4.2.5.	<b>MASILLAS</b> .....	19
2.4.2.6.	<b>Mezclas de Alto Módulo</b> .....	19
2.4.3	<b>CARACTERÍSTICAS DE AGREGADOS PÉTREOS</b> .....	20
2.4.3.1.	<b>PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS</b> .....	20
2.4.3.2.	<b>TAMAÑO DE PARTÍCULAS Y GRADUACIÓN DE LOS AGREGADOS</b> .....	20

2.4.3.3.	RESISTENCIA AL DESGASTE.....	20
2.4.3.4.	DURABILIDAD O RESISTENCIA AL INTEMPERISMO .....	21
	DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN.....	21
2.4.3.5.	FORMA, TEXTURA Y LIMPIEZA DEL AGREGADO .....	21
2.4.4.	CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS.....	21
2.4.4.1.	Peso Específico de los Agregados.....	21
2.4.4.2.	Densidad Máxima Real de la Mezcla (gr/cm <sup>3</sup> ).....	22
2.4.4.3.	Densidad Maxima Teórica (gr/cm <sup>3</sup> ).....	23
2.4.4.4.	Vacíos de la Mezcla (%).....	23
2.4.4.5.	Vacíos del Agregado Mineral V.A.M. %.....	24
2.4.4.6.	Relación Betumen Vacíos (%) .....	27
2.4.4.7.	Estabilidad de la Mezcla (Lb) .....	27
2.4.4.8.	Fluencia de la Mezcla (1/100'').....	28
2.4.4.9.	Relación Estabilidad – Fluencia.....	29
2.4.5.	OBJETIVO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA .....	29
2.4.5.1.	Durabilidad.....	30
2.4.5.2.	Estabilidad .....	31
2.4.5.3.	Resistencia a la Fatiga.....	32
2.4.5.4.	Impermeabilidad .....	33
2.4.5.5.	Trabajabilidad.....	33
2.4.6.	MATERIALES GRANULARES PARA MESZCLAS ASFÁLTICAS ..	33
2.4.6.1.	AGREGADOS NATURALES. ....	33
2.4.6.2.	AGREGADOS ARTIFICIALES. ....	33
2.5.	DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MÉTODO MARSHALL .....	34
2.5.1	CONSIDERACIONES GENERALES .....	34
2.5.2.	CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ...	34
2.5.3.	FACTORES QUE DEBEN CONTROLARSE EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS .....	35
2.5.4.	DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO MARSHALL.....	35

<b>2.5.5.</b>	<b>PREPARACIÓN PARA EFECTUAR LOS PROCEDIMIENTOS MARSHALL.....</b>	<b>35</b>
<b>2.5.6.</b>	<b>EQUIPO .....</b>	<b>38</b>
<b>2.6.</b>	<b>ENSAYO CÁNTABRO (NLT-352/86).....</b>	<b>39</b>
<b>2.7.</b>	<b>ADHERENCIA .....</b>	<b>40</b>
<b>2.8.</b>	<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS SEGÚN ENSAYOS DE LABORATORIO .....</b>	<b>41</b>
<b>2.9.</b>	<b>ALCANCE .....</b>	<b>42</b>

### **CAPÍTULO III**

#### **CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO NATURAL, TRITURADO Y CEMENTO ASFÁLTICO CONVENCIONAL**

<b>3.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>43</b>
<b>3.1.</b>	<b>SELECCIÓN DE MATERIALES.....</b>	<b>44</b>
<b>3.2.</b>	<b>UNIDAD DE ESTUDIO .....</b>	<b>46</b>
<b>3.2.1.</b>	<b>POBLACIÓN .....</b>	<b>46</b>
<b>3.2.2.</b>	<b>TAMAÑO Y MUESTRA.....</b>	<b>47</b>
<b>3.2.2.1.</b>	<b>Muestra .....</b>	<b>47</b>
<b>3.2.2.2.</b>	<b>Muestreo.....</b>	<b>47</b>
<b>3.2.3.</b>	<b>PROPIEDADES.....</b>	<b>47</b>
<b>3.2.4.</b>	<b>SELECCIÓN NIVEL DE CONFIANZA.....</b>	<b>48</b>
<b>3.2.5.</b>	<b>PLANILLA DE MUESTRA ESTRATIFICADA .....</b>	<b>49</b>
<b>3.2.6.</b>	<b>ALCANCE.....</b>	<b>52</b>
<b>3.3.</b>	<b>ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS.....</b>	<b>52</b>
<b>3.3.1.</b>	<b>DETERMINACIÓN DE PESO UNITARIO DEL RIO SAN MATEO AGREGADO PETREO TRITURADO .....</b>	<b>53</b>
<b>3.3.1.1.</b>	<b>PESO UNITARIO SUELTO.....</b>	<b>55</b>
<b>3.3.1.2.</b>	<b>PESO PESO UNITARIO VARILLADO .....</b>	<b>56</b>
<b>3.3.2.</b>	<b>GRANULOMETRÍA (AASHTO T – 27).....</b>	<b>54</b>
<b>3.3.2.1.</b>	<b>DATOS Y RESULTADOS.....</b>	<b>54</b>

3.3.2.2.	AGREGADOS PETREO TRITURADOS RÍO SAN MATEO (Garzón)...	54
3.3.2.3.	RESUMEN ESTADÍSTICO .....	54
3.3.2.4.	RESUMEN ESTADÍSTICO .....	55
3.3.2.5.	RESUMEN ESTADÍSTICO .....	55
3.3.2.6.	CURVA GRANULOMÉTRICA .....	56
3.3.2.7.	OBSERVACIONES:.....	58
3.3.3.	LÍMITES DE ATTERBERG (AASHTO T – 89).....	59
3.3.3.1.	LÍMITE LÍQUIDO .....	59
3.3.3.2.	LÍMITE PLÁSTICO .....	59
3.3.3.3.	OBSERVACIONES .....	60
3.3.4.	PESO ESPECÍFICO (AASHTO T – 84).....	60
3.3.4.1.	DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO .....	60
3.3.4.1.1.	DATOS Y RESULTADOS.....	60
3.3.4.1.2.	DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (AASHTO T-85) ..	61
3.3.5.	DESGASTE DE LOS ÁNGELES (AASHTO T – 96) .....	61
3.3.5.1.	DATOS Y RESULTADOS.....	61
3.3.5.1.1.	DESGASTE DE LOS ÁNGELES GRAVA .....	61
3.3.5.1.2.	CÁLCULO.....	62
3.3.5.1.3.	DESGASTE DE LOS ANGELES GRAVILLA .....	62
3.3.5.1.4.	CÁLCULO.....	62
3.3.6.	DURABILIDAD MÉTODO DE LOS SULFATOS (AASHTO T – 104) .....	62
3.3.6.1.	CÁLCULO Y RESULTADO .....	62
3.3.6.1.1.	DURABILIDAD AGREGADO – GRUESO.....	62
3.3.6.2.	DURABILIDAD AGREGADO – FINO .....	63
3.3.6.3.	PROPIEDAD DE ANÁLISIS DE ESTUDIO.....	63

3.3.7.	EQUIVALENTE DE ARENA (AASHTO T – 176)	63
3.3.8.	CARAS FRACTURADAS	63
3.3.8.1.	Caras Fracturadas Material 3/4"	64
3.3.8.2.	Caras Fracturadas Material 3/8"	64
3.3.9.	LAMINARIDAD	64
3.3.9.1.	CÁLCULOS Y RESULTADOS	64
3.3.9.2.	Material 3/4	64
3.3.9.3.	Material 3/8	65
3.3.10.	CHATAS Y ALARGADAS.	65
3.3.10.1.	CALCULOS Y RESULTADOS	65
3.3.10.2.	Chatas y alargadas 3/4	65
3.3.10.3.	Chatas y alargadas 3/8	65
3.4.	ENSAYO DE AGREGADOS PÉTREO NATURAL	66
3.4.1.	DETERMINACION DE PESO UNITARIO DEL RIO GUADALQUIVIR AGREGADO PÉTREO NATURAL.	66
3.4.1.1.	PESO UNITARIO SUELTO	66
3.4.1.2.	PESO UNITARIO VARILLADO	66
3.4.2.	GRANULOMETRÍA (AASHTO T – 27)	66
3.4.2.1.1.	GRAVA TAMAÑO MAXIMO 3/4	67
3.4.2.1.2.	ARENA TRITURA (Guadalquivir)	67
3.4.3.	CURVA GRANULOMETRICA	68
3.4.3.1.	OBSERVACIONES:	69
3.4.4.	LÍMITES DE ATTERBERG (AASHTO T – 89)	69
3.4.4.1.	LÍMITE LÍQUIDO	69
3.4.4.2.	Límite Plástico AASHTO T-90	69
3.4.4.3.	OBSERVACIONES	70
3.4.5.	Peso Específico ( AASHTO T-84)	71
3.4.6.	DESGASTE DE LOS ÁNGELES (AASHTO T – 96)	72

3.4.6.1.	Desgaste de los ángeles Grava .....	72
3.4.6.2.	Desgaste de los ángeles gravilla.....	72
3.4.7.	<b>DURABILIDAD MÉTODO DE LOS SULFATOS</b>	
	(AASHTO T – 104) .....	72
3.4.7.1.	Método Sulfato de Sodio Agregado – Grueso.....	72
3.4.7.2.	Método Sulfato de Sodio AGREGADO – FINO .....	73
3.4.7.3.	<b>PROPIEDAD DE ANALISIS DE ESTUDIO</b> .....	73
3.4.8.	Equivalente de Arena (AASHTO T – 176) .....	73
3.4.9.	Caras Fracturadas .....	73
3.4.10.	LAMINARIDAD.....	73
3.4.11.	CHATAS Y ALARGADAS.....	73
3.5.	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b> .....	74
3.6.	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	74
3.6.1.	Tabla Analítica de Resultados. ....	74
3.6.2.	<b>ANÁLISIS DE PROPIEDAD DE ESTUDIO</b>	
	(VARIABLE DEPENDIENTE) .....	76
3.6.2.1.	<b>DURABILIDAD DE SULFATO DE SODIO</b> .....	76
3.7.	<b>ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO</b>	
	<b>ASFÁLTICO.</b> .....	77
3.7.1.	Viscosidad Saybolt Furol (AASHTO T – 72).....	77
3.7.2.	Punto de Inflamación (AASHTO T – 48).....	77
3.7.3.	Penetración (AASHTO T – 49) .....	78
3.7.4.	Ductilidad (AASHTO T – 51).....	79
3.7.5.	Peso Específico (AASHTO T – 228) .....	79
3.8.	<b>TABLA RESUMEN DE ENSAYOS</b>	
	<b>CEMENTO ASFALTICO (85100)</b> .....	80

## CAPÍTULO IV

### DISEÑO, EVALUACIÓN, ANÁLISIS DE RESULTADOS

<b>4. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>81</b>
<b>4.1. PROCEDIMIENTO MARSHALL. ....</b>	<b>81</b>
<b>4.2. DOSIFICACION MARSHALL POR TANTEO</b>	
<b>AGREGADO TRITURADO. ....</b>	<b>81</b>
<b>4.2.1. OBSERVACIONES AGREGADO TRITURADO.....</b>	<b>84</b>
<b>4.3. RESULTADOS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA</b>	
<b>CONVENCIONAL .....</b>	<b>88</b>
<b>4.3.1. GRÁFICOS DE ENSAYOS MARSHALL</b>	
<b>CEMENTO ASFALTICO.....</b>	<b>89</b>
<b>4.3.2. RESUMEN DE VALORES AGREGADO TRITURADO .....</b>	<b>92</b>
<b>4.3.3. VALORES OBTENIDOS DISEÑO MARSHALL AGREGADO</b>	
<b>TRITURADO.....</b>	<b>92</b>
<b>4.3.4. OBSERVACIONES AGREGADO TRITURADO.....</b>	<b>93</b>
<b>4.3.5. PORCENTAJE DEL ÓPTIMO DE LA MEZCLA.....</b>	<b>93</b>
<b>4.4. ENSAYO REMANENTE.....</b>	<b>94</b>
<b>4.4.1. OBSERVACIONES AGREGADO TRITURADO .....</b>	<b>95</b>
<b>4.5. DOSIFICACIÓN MARSHALL AGREGADO NATURAL .....</b>	<b>95</b>
<b>4.5.1. POR TANTEO AGREGADO NATURAL DOSIFICACIÓN</b>	
<b>DISEÑO MARSHALL RÍO GUADALQUIVIR .....</b>	<b>95</b>
<b>4.5.2. OBSERVACIONES .....</b>	<b>96</b>
<b>4.6. RESULTADOS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA</b>	
<b>CONVENCIONAL.....</b>	<b>98</b>
<b>4.6.1. GRÁFICOS DE ENSAYOS MARSHALL</b>	
<b>CEMENTO ASFÁLTICO .....</b>	<b>98</b>
<b>4.7. RESUMEN DE VALORES AGREGADOS NATURAL.....</b>	<b>101</b>
<b>4.7.1. VALORES OBTENIDOS DISEÑO MARSHALL AGREGADO</b>	
<b>NATURAL .....</b>	<b>101</b>
<b>4.7.2. OBSERVACIONES AGREGADO NATURAL.....</b>	<b>114</b>
<b>4.7.3. PORCENTAJES DE ASFALTO ÓPTIMO .....</b>	<b>102</b>



4.8.	ENSAYO REMANENTE AGREGADO NATURAL. ....	102
4.8.1.	OBSERVACIONES.....	103
4.9.	ENSAYO CANTABRO.....	104
4.9.1.	PROPIEDAD DE ANÁLISIS RESISTENCIA CÁNTABRO.....	106
4.9.	ADHERENCIA.....	106
4.10.	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO BÁSICO.....	107
4.11.1.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA DOSIFICACIÓN ÓPTIMO.....	107
4.11.2.	DOSIFICACIÓN CON EL AGREGADO TRITURADO.....	107
4.11.3.	DOSIFICACIÓN CON EL AGREGADO NATURAL.....	108
4.11.4.	PROPIEDAD DE ANÁLISIS.....	109
4.11.5	ANÁLISIS COMPÁRATIVO DE LA DOSIFICACIÓN ÓPTIMO DE LA RESISTENCIA REMANENTE.....	109
4.11.6.	OBSERVACIONES.....	111
4.11.7.	COMPARACIÓN REMANENTES ESTABILIDAD VS ESTABILIDAD.....	112
4.11.8.	COMPARACIÓN REMANENTES FLUENCIA VS FLUENCIA.....	112
4.11.9.	COMPARACIÓN ESTABILIDAD A.P.T VS ESTABILIDAD A.P.N.....	113
4.11.10.	COMPARACIÓN REMANTE A.P.T VS A.P.N.....	114
4.11.11.	COMPARACIÓN REMANTE A.P.T VS REMANENTE A.P.N.....	114
4.11.12.	ÓPTIMOS ESTABILIDAD A.P.T. VS ESTABILIDAD A.P.N.....	115
4.11.13.	ÓPTIMOS FLUENCIA A.P.T. VS FLUENCIA A.P.N.....	115
4.11.14.	COMPARACIÓN ÓPTIMOS A.P.T. VS COMPARACIÓN ÓPTIMOS A.P.N.....	116
4.11.15.	COMPARACION ÓPTIMO DENSIDAD A.P.T. VS ÓPTIMO DENSIDAD A.P.N.....	116
4.11.15.1.	OBSERVACION.....	117
4.11.16.	COMPARACION ÓPTIMO %VACÍOS A.P.T. VS ÓPTIMO %VACÍOS A.P.N.....	117

<b>4.11.16.1. OBSERVACIONES.....</b>	<b>118</b>
<b>4.11.17. COMPARACIÓN ÓPTIMO %VACÍOS A.P.T. VS ÓPTIMO %VACÍOS A.P.N. ....</b>	<b>118</b>
<b>4.11.17.1. OBSERVACIONES.....</b>	<b>118</b>
<b>4.11.18. COMPARACIÓN ÓPTIMO V.A.M A.P.T. VS ÓPTIMO V.A.M. A.P.N.....</b>	<b>119</b>
<b>4.11.18.1. OBSERVACIONES.....</b>	<b>119</b>
<b>4.12. RESUMEN PROPIEDAD DE ANÁLISIS .....</b>	<b>119</b>
<b>4.13. ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE ESTUDIO.....</b>	<b>122</b>
<b>4.13.1. PROPIEDAD DE ANÁLISIS DISEÑO MARSHALL .....</b>	<b>122</b>
<b>4.13.1.1. ESTABILIDAD. (VARIABLE DEPENDIENTE).....</b>	<b>122</b>
<b>4.13.2. PROPIEDAD DE ANÁLISIS DISEÑO REMANENTE .....</b>	<b>122</b>
<b>4.13.2.1. RESISTENCIA. (VARIABLE DEPENDIENTE) .....</b>	<b>122</b>
<b>4.13.3. DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS. (VARIABLE DEPENDIENTE) .....</b>	<b>122</b>
<b>4.13.3.1. DURABILIDAD.....</b>	<b>122</b>
<b>4.13.4. PROPIEDAD DE ANÁLISIS RESISTENCIA CÁNTABRO. (VARIABLE DEPENDIENTE) .....</b>	<b>123</b>
<b>4.13.5. ADHERENCIA.....</b>	<b>123</b>
<b>4.14. PRESUPUESTO .....</b>	<b>123</b>
<b>4.15. HIPÓTESIS .....</b>	<b>124</b>

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

<b>5.1. CONCLUSIONES.....</b>	<b>125</b>
<b>5.2. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>127</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>129</b>

## **ÍNDICE DE TABLAS**

### **CAPÍTULO I**

<b>1.1 TABLA CONCEPTUALIZACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>OPERACIONALIZACION DE VARIABLES .....</b>	<b>5</b>
<b>1.7.TABLA SELECCIÓN NIVEL DE CONFIANZA.....</b>	<b>6</b>

### **CAPÍTULO II**

<b>2.1. TABLA 2.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ASFALTO.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2. TABLA CUADRO COMPÁRATIVO DE LOS MATERIALES ASFALTICOS ..</b>	<b>12</b>
<b>2.3. TABLA TEMPERATURAS DE APLICACIÓN DE ASFALTOS .....</b>	<b>15</b>
<b>2.4. TABLA. GRADOS ESTÁNDAR DEL FILLER MINERAL .....</b>	<b>17</b>
<b>2.5. TABLA 2.4 VALORES RECOMENDADOS PARA LOS V.A.M. ....</b>	<b>25</b>
<b>2.6. TABLA N° 1.- CAUSAS Y EFECTOS DE UN POCO</b>	
<b>DURABILIDAD.....</b>	<b>30</b>
<b>2.7. TABLA N° 2.- CAUSAS Y EFECTOS DE UNA MALA</b>	
<b>RESISTENCIA A LA FÁTIGA .....</b>	<b>31</b>
<b>2.8. TABLA N° 3 CAUSA Y EFECTOS DE UNA MALA</b>	
<b>RESISTENCIA A ALA FÁTIGA.....</b>	<b>33</b>

## CAPÍTULO III

3.1.	TABLA SELECCIÓN NIVEL DE CONFIANZA .....	48
3.2.	TABLA PLANILLA MUESTRA ESTRATIFICADA.....	49
3.3.	TABLA ENSAYOS CARACTERIZACIÓN DE LOS 2 AGREGADOS .....	50
3.4	TABLA ENSAYO CEMENTO ASFALTICO .....	51
3.5	TABLA PORCENTAJE DE DOSIFICACION MARSHALL .....	51
3.6	TABLA 3.3.1.1 PESO UNITARIO SUELTO.....	53
3.7	TABLA 3.3.1.2.PESO UNITARIO VARILLADO .....	53
3.8	Tabla3.1.2.1 GRANULOMETRÍA.....	54
3.9	Tabla 3.3.2.1. GRAVA Tamaño máximo 3/4" (Garzón).....	54
3.10	TABLA 3.3.2.3 RESUMEN ESTADISTICO .....	54
3.11	Tabla 3.3.2.4. GRAVILLA Tamaño Máximo 3/8" (Garzón).....	55
3.12	Tabla 3.3.2.5 ARENA TRITURADA (Garzón).....	55
3.13	TABLA.3.3.9.1 LIMITES DE ATTERBERG.....	59
3.14	TABLA 3.3.10.5. OBSERVACIONES.....	60
3.15	Tabla 3.3.4.1.1 PESO ESPECÍFICO AGREGADO FINO (AASHTO T – 84).....	60
3.16	Tabla 3.3.4.1.2 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO.....	61
3.17	Tabla 3.3.5.1.1 Desgaste de Los Ángeles, Material de 3/4" .....	61
3.18	Tabla3.3.5.1.2 Desgaste de Los Ángeles, Material De 3/8" .....	62
3.19	Tabla Referencial 3.3.6 Durabilidad Método de los sulfatos (Agregado Grueso). .....	62
3.20	TABLA 3.3.6.1.1. DURABILIDAD AGREGADO – GRUESO .....	62
3.21	TABLA 3.3.6.2.1.1. DURABILIDAD AGREGADO – FINO .....	63
3.22	TABLA 3.3.7.1 EQUIVALENTE DE ARENA (AASHTO T - 176).....	63
3.23	Tabla3.3.8.1 CARAS FRACTURADAS MATERIAL 3/4" .....	64
3.24	Tabla 3.3.8.2. CARAS FRACTURADAS MATERIAL 3/8".....	64
3.55.	TABLA 3.3.10.1 CHATAS Y ALARGADAS MATERIAL 3/4" .....	65
3.56	TABLA. 3.3.10.2 CHATAS Y ALARGADAS MATERIAL 3/8".....	65
3.57	TABLA 3.4.1.1 PESO UNITARIO SUELTO.....	66
3.58	TABLA 3.4.1.2 PESO UNITARIO VARILLADO .....	66
3.59	TABLA 3.4.2. GRANULOMETRIA .....	67
3.60	Tabla 3.4.2.1.1 GRAVA Tamaño máximo 3/4" (Guadalquivir) .....	67
3.61	Tabla 3.4.2.1.1.1. RESUMEN ESTADÍSTICO.....	67

3.62	Tabla 3.4.2.1.2 ARENA TRITURA (Guadalquivir).....	68
3.63	Tabla 3.4.4.1 LÍMITES DE ATTERBERG (Límite Líquido)	
	AASHTO T- 89.....	69
3.64	TABLA 3.4.5.1 PESO ESPECÍFICO AGREGADO – FINO .....	71
3.65	TABLA 3.4.5.2 PESO ESPECÍFICO AGREGADO – GRUESO.....	71
3.74	Tabla 3.4.6.1 Desgaste de los Ángeles Grava.....	72
3.75	Tabla 3.4.6.2.Desgaste de los Ángeles Gravilla.....	72
3.76	Tabla 3.4.7.2 Método Sulfato de Sodio AGREGADO – FINO.....	73
3.77	Tabla 3.4.8 Equivalente de Arena (AASHTO T – 176) .....	73
3.78	Tabla 3.5.1.Analítica de Resultados. ....	74
3.79	Tabla 3.5. Viscosidad Saybolt Furol.....	77
3.80	Tabla 3.5.2. Punto de Inflamación.....	78
3.81	Tabla 3.5.3. Ensayo de Penetración.....	78
3.82	Tabla 3.5.4. Ensayo De Dúctilidad.....	79
3.83	Tabla3.5.5 Ensayo de Peso Específico .....	79
3.84	Tabla 3.8. TABLA RESUMEN DE ENSAYOS	
	CEMENTO ASFALTICO (85100).....	80

## CAPÍTULO IV

4.	TABLA.DOSIFICACIÓN POR TANTEO AGREGADO TRITURADO.....	82
4.1.1.	TABLA. DOSIFICACIÓN PESO + MUESTRA	
	AGREGADO TRITURADO.....	83
4.1.2.	TABLA. PESO TOTAL DE LA MEZCLA .....	84
4.1.3.	Tabla. Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente	
	Metodo Marshall por Tanteo .....	88
4.1.4.	Tabla. Resumen de Valores agregado triturado.....	92
4.1.5.	Tabla. Valores Obtenidos del Marshall agregado triturado .....	92
4.1.6.	Tabla. Observaciones .....	93
4.1.7.	Tabla. Porcentaje del Óptimo de la mezcla.....	93
4.1.8.	Tabla. ensayo Estabilidad Remanente agregado triturado .....	95

<b>4.1.9. TABLA. DOSIFICACIÓN POR TANTEO</b>	
<b>AGREGADO NATURAL .....</b>	<b>95</b>
<b>4.1.10. TABLA. DOSIFICACIÓN PESO + MUESTRA.....</b>	<b>96</b>
<b>4.1.11. TABLA. PESO TOTAL DE LA MEZCLA .....</b>	<b>96</b>
<b>4.1.12. Tabla. Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente</b>	
<b>Método Marshall por Tanteo.....</b>	<b>97</b>
<b>4.2. Tabla de Ensayos Marshall – Cemento Asfáltico .....</b>	<b>97</b>
<b>4.2.1. Tabla. Resumen de valores Agregado Natural .....</b>	<b>101</b>
<b>4.2.2. Tabla. Valores Obtenidos Diseño Marshall Agregado Natural.....</b>	<b>101</b>
<b>4.2.3. Tabla. Observaciones Agregado Natural .....</b>	<b>102</b>
<b>4.2.4. Tabla. Porcentaje de Asfalto Óptimo.....</b>	<b>102</b>
<b>4.2.5. Tabla Ensayo Remanente Agregado Natural. ....</b>	<b>103</b>
<b>4.2.6. Tabla. Datos Cántabro Garzón .....</b>	<b>105</b>
<b>4.2.7. Tabla. Resultados Cántabro Garzón .....</b>	<b>105</b>
<b>4.2.8. Tabla. Datos Cántabro Agregados Pétreos .....</b>	<b>105</b>
<b>4.2.9. Tabla. Datos Cántabro Agregados Pétreos Remanente.....</b>	<b>106</b>
<b>4.2.10. Tabla ADHERENCIA.....</b>	<b>106</b>
<b>4.2.11. TABLA. VALORES OBTENIDOS DISEÑO MARHALL .....</b>	<b>107</b>
<b>4.2.12. TABLA. CUMPLE / NO CUMPLE.....</b>	<b>107</b>
<b>4.2.13. TABLA. VALORES OBTENIDOS DISEÑO MARHALL .....</b>	<b>108</b>
<b>4.2.14. TABLA. CUMPLE / NO CUMPLE.....</b>	<b>108</b>
<b>4.2.15. TABLA. AGREGADO PETREO TRITURADO ÓPTIMO .....</b>	<b>109</b>
<b>4.2.16. TABLA. Ensayo Remanente realiza a 24 hrs.....</b>	<b>109</b>
<b>4.2.17. Tabla. AGREGADO PETREO NATURAL ÓPTIMO.....</b>	<b>111</b>
<b>4.2.18. Tabla. Ensayo Remanente realiza a 24 horas .....</b>	<b>111</b>
<b>4.2.19. Tabla 4.12. Valores Obtenidos Diseño Marshall .....</b>	<b>119</b>
<b>4.2.20. Tabla 4.12.1. Resumen Resultados Cántabro.....</b>	<b>121</b>
<b>4.2.21. Tabla 4.14.1 PRESUPUESTO .....</b>	<b>123</b>
<b>4.2.22. Tabla 4.14.2.PRESUPUESTO .....</b>	<b>124</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO II

2.1. CUADRO COMPARATIVO DE LOS MATERIALES ASFALTICOS.....	12
2.2. TEMPERATURAS DE APLICACIÓN DE ASFALTOS.....	15

### CAPÍTULO IV

4.1. DOSIFICACIÓN POR TANTEO AGREGADO TRITURADO .....	82
4.2. DOSIFICACIÓN PESO + MUESTRA AGREGADO TRITURADO.....	83
4.3. DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE METODO MARSHALL POR TANTEO.....	89
4.4. ENSAYO ESTABILIDAD REMANENTE AGREGADO TRITURADO .....	94
4.5. DOSIFICACION POR TANTEO AGREGADO NATURAL.....	95
4.6. DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO MARSHALL POR TANTEO.....	97
4.7. ENSAYO REMANENTE AGREGADO NATURAL. ....	103

## ÍNDICE DE IMÁGENES

### CAPÍTULO III

3.1. CANTERA AGREGADO PÉTREO TRITURADO (GARZÓN).....	44
3.2. CANTERA AGREGADO PÉTREO TRITURADO (GARZÓN).....	45
3.3. CANTERA AGREGADO PÉTREO NATURAL.....	45
3.4. CANTERA AGREGADO PÉTREO NATURAL.....	46

### CAPÍTULO IV

4.1. PESO DE MUESTRAS PARA DOSIFICACIÓN DÉ % POR TANTEO AGREGADO TRITURADO.....	83
4.3. MEZCLA DE AGREGADO+ C.A. A FUEGO LENTO.....	85
4.4. BAJA DE TEMPERATURA A LA MEZCLA A 135°C.....	85

4.5. COMPACTACIÓN A 75 GOLPES POR CARA .....	86
4.6. BRIQUETA .....	86
4.7. BRIQUETAS REALIZADAS.....	87

## ÍNDICE DE ECUACIONES

### CAPÍTULO II

2.1. (Ec. 2.1 Peso específico de los agregados) .....	21
2.2. (Ec. 2.2 Densidad Máxima Real de la Mezcla) .....	22
2.3. (Ec. 2.3 Densidad Máxima Teórica) .....	24
2.4. (Ec. 2.4 Vacíos de la Mezcla) .....	25
2.5. (Ec.2.5 Vacíos del Agregado Mineral).....	27
2.6. (Ec. 2.6 Relación Betumen-Vacíos).....	27

### CAPÍTULO IV

4.1 (E.4.1. Ensayo cántabro).....	105
-----------------------------------	-----

## ÍNDICE DE GRAFICAS

### CAPÍTULO I

1. DISEÑO METODOLÓGICO .....	6
------------------------------	---

### CAPÍTULO III

3.1. GRÁFICO POBLACIÓN DOSIFICACIONES .....	47
3.2. GRÁFICA Referencial de la Curva Granulometrica – Grava de $\frac{3}{4}$ .....	56
3.3. GRÁFICA Granulometría – Material Fino (Arena) .....	57
3.4. GRÁFICA Curva Granulométrica .....	57
3.5. Material Fino (Arena Filler) .....	58
3.6. GRÁFICA Curva Granulométrica .....	58



3.7.	GRÁFICA LIMITES DE ATTERBERG (Límite Plástico) .....	59
	AASHTO T-90 .....	64
3.8.	GRÁFICA. CURVA DIAMETROS .....	80
3.9.	Gráfica. Límite Líquido .....	82

#### CAPÍTULO IV

4.1.	GRÁFICOS DE ENSAYOS MARSHALL – CEMENTO ASFALTICO.....	89
4.2.	GRÁFICA. Curva de Densidad vs % de Asfalto .....	89
4.3.	GRÁFICA. Curva de Estabilidad vs % de Asfalto .....	89
4.4.	GRÁFICA. Curva de Flujo vs % de Asfalto.....	90
4.5.	GRÁFICA. Curva % de Vacíos vs % de Asfalto.....	90
4.6.	GRÁFICA. Curva % de RBV vs % de Asfalto .....	91
4.7.	GRÁFICA. Curva % de Agregado Mineral vs % de Asfalto .....	91
4.8.	GRÁFICA. DE ENSAYOS MARSHALL CEMENTO ASFÁLTICO .....	98
4.9.	GRÁFICA. Curva de Densidad vs % de Asfalto .....	98
4.10.	GRÁFICA. Curva de Estabilidad vs % de Asfalto .....	98
4.11.	GRÁFICA. Curva de Flujo vs % de Asfalto.....	99
4.12.	GRÁFICA. Curva % de Vacíos vs % de Asfalto.....	99
4.13.	GRAFICA. Curva %de RBV vs % de Asfalto .....	100
4.14.	GRÁFICA. Curva % de Agregado Mineral vs % de Asfalto .....	100
4.15.	GRÁFICA. Estabilidad Agregado Pétreo Triturado .....	110
4.16.	GRÁFICA. Fluencia Agregado Pétreo Triturado .....	110
4.17.	GRÁFICA. Comparación Remanentes Estabilidad vs Estabilidad.....	112
4.18.	GRÁFICA. Comparación Remanentes Fluencia vs Fluencia.....	112
4.19.	GRÁFICA. Comparación Estabilidad A.P.T vs Estabilidad A.P.N. ....	113
4.20.	GRÁFICA. Comparación Remante A.P.T vs A.P.N. ....	113
4.21.	GRÁFICA. Comparación Remante A.P.T vs Remanente A.P.N.....	114
4.22.	GRÁFICA. Óptimos Estabilidad A.P.T. vs Estabilidad A.P.N. ....	115
4.23.	GRÁFICA. Óptimos Fluencia A.P.T. vs Fluencia A.P.N.....	115

<b>4.24. GRÁFICA. Comparación Óptimos A.P.T. vs Comparación</b>	
<b>4.25. Óptimos A.P.N. ....</b>	<b>116</b>
<b>4.26. Gráfica4.11.15. Óptimo Densidad A.P.T. vs Óptimo Densidad A.P.N. ....</b>	<b>117</b>
<b>4.27. Gráfica4.11.16. Óptimo %Vacíos A.P.T. vs Óptimo %Vacíos A.P.N.....</b>	<b>117</b>
<b>4.28. Gráfica 4.11.7. Óptimo %Vacíos A.P.T. vs Óptimo %Vacíos A.P.N.....</b>	<b>118</b>
<b>4.29. Gráfica 4.11.18 Óptimo V.A.M A.P.T. vs Óptimo V.A.M. A.P.N. ....</b>	<b>119</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>3.1. DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE .....</b>	<b>88</b>
<b>3.2. AGREGADO TRITURADO METODO TANTEO .....</b>	<b>93</b>
<b>3.3. GRÁFICOS DE ENSAYOS MARSHALL.....</b>	<b>94</b>
<b>3.4. TABLA DE VALORES MARSHALL.....</b>	<b>97</b>
<b>3.4.1. TABLA DE VALORES MARSHALL.....</b>	<b>97</b>
<b>3.4.2. TABLA DE VALORES OBTENIDOS</b>	
<b>MARSHALL.....</b>	<b>98</b>
<b>3.4.3. TABLA DE OBSERVACIONES MARSHALL.....</b>	<b>98</b>
<b>3.4.4. TABLA DE VALORES MARSHALL.....</b>	<b>98</b>
<b>3.5. GRÁFICOS DE ENSAYOS MARSHALL RESISTENCIA REMANENTE.....</b>	<b>99</b>
<b>3.6. DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b>	
<b>AGREGADO NATURAL METODO TANTEO.....</b>	<b>102</b>
<b>3.7. GRAFICOS DE ENSAYOS MARSHALL.....</b>	<b>103</b>
<b>3.8. TABLA DE VALORES MARSHALL.....</b>	<b>107</b>
<b>3.8.1. TABLA VALORES MARSHALL.....</b>	<b>107</b>
<b>3.8.2. TABLA OBTENIDOS MARSHALL.....</b>	<b>108</b>
<b>3.8.3. TABLA OBSERVACIONES MARSHALL.....</b>	<b>108</b>
<b>3.8.4. TABLA PORCENTAJES OPTIMOS.....</b>	<b>109</b>
<b>3.9. GRÁFICOS DE ENSAYOS MARSHALL RESISTENCIA REMANENTE.....</b>	<b>110</b>
<b>3.10. TABLA DE ENSAYO MARSHALL RESISTENCIA REMANENTE .....</b>	<b>114</b>

## **IMÁGENES DE ANEXOS**

- 1. IMAGEN AGREGADO GRUESO**
- 2. IMAGEN AGREGADO – FINO**
- 3. IMAGEN GRANULOMETRÍA**
- 4. IMAGEN DESGATE DE LOS ANGELES**
- 5. IMÁGENES ENSAYO EQUIVALENTE ARENA**
- 6. IMÁGENE ENSAYO EQUIVALENTE ARENA**
- 7. IMÁGENES VACIANDO EL SULFATO DE SODIO A LOS AGREGADOS**
- 8. IMÁGENES DURABILIDAD SULFATO DE SODIO AGREGADO GRUESO – FINO**
- 9. IMAGEN CARA FRACTURADAS**
- 10. MUESTRA EN EL APARATO CASAGRANDE**
- 11. MUESTRA ENSAYO LIMITES DE ATTERBERG**
- 12. IMAGEN PESANDO MUESTRA**
- 13. IMAGEN GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS**
- 14. IMAGEN ENSAYO PESO UNITARIO**
- 15. IMAGEN COMPACTANDO ENSAYO PESO UNITARIO**
- 16. IMAGEN MUESTRA EN LA COPA DE CLEVELAND**
- 17. IMAGEN MUESTRA**
- 18. IMAGEN MUESTRA + EQUIPO**
- 19. IMAGEN VISCOCIDAD**
- 20. IMAGEN VISCOCIDAD**
- 21. IMAGEN 1.PUNTO DE ABLANDAMIENTO**
- 22. IMAGEN 1.2 PUNTO DE ABLANDAMIENTO**
- 23. IMAGEN 1.3 EQUIPO PUNTO DE ABLANDAMIENTO**
- 24. IMAGEN1.1 PESO ESPECÍFICO**
- 25. IMAGEN 1.2 PESO ESPECÍFICO**
- 26. IMAGEN 1.3 PESO ESPECÍFICO**

- 27. AGREGADO SEPARADO POR TAMICES**
- 28. PESANDO MATERIAL PARA LA MEZCLA ASFALTICA**
- 29. IMAGEN PREPARANDO LA MEZCLA PARA LA BRIQUETA**
- 30. IMAGEN ENFRIANDO LA MEZCLA**
- 31. IMAGEN COMPACTACION DE LAS BRIQUETAS**
- 32. IMAGEN BRIQUETA COMPACTADA**
- 33. IMAGEN DESMOLDANDO LAS BRIQUETAS**
- 34. IMAGEN BRIQUETA COMPACTADA**
- 35. IMAGEN PESANDO BRIQUETAS.**
- 36. IMAGEN EQUIPO BAÑO MARÍA**
- 37. IMAGEN BRIQUETAS PREPARADAS PARA IR AL EQUIPO  
MARSHALL**
- 38. IMAGEN BRIQUETA EN EL EQUIPO MARSHALL**
- 39. IMAGEN LECTURANDO ESTABILIDAD FLUENCIA  
EN EL EQUIPO MARSHALL**
- 40. IMAGEN BRIQUETA**
- 41. IMAGEN PESO BRIQUETAS**
- 42. IMAGEN EQUIPO BAÑO MARÍA**
- 43. IMAGEN EQUIPO DESGASTE DE LOS ANGELES**
- 44. IMAGEN PESO FINAL BRIQUETAS**
- 45. IMAGEN MEZCLADO AGREGADO + CEMENTO ASFÁLTICO**
- 46. IMAGEN INTRODUCIENDO LA MEZCLA AL MATRAZ**
- 47. IMAGEN MEZCLA EN EL MATRAZ**
- 48. IMAGEN ADHERENCIA DE LOS 2 AGREGADOS EN LOS MATRAZ**
- 49. IMAGEN COMPARACIÓN DEL AGREGADO TRITURADO  
CON EL AGREGADO NATURAL**