

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DPTO. DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN



**“ANÁLISIS DE INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN MEZCLA
ASFALTICA MODIFICADA CON POLIMERO Y MEZCLA ASFALTICA
CONVENCIONAL”**

Por:

CARLA ALEJANDRA NAVA PLANTARROSA

Proyecto presentado a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil

Julio de 2015

TARIJA-BOLIVIA

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

**“ANÁLISIS DE INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN
MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMERO Y
MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL”**

Por:

CARLA ALEJANDRA NAVA PLANTARROSA

Julio de 2105

TARIJA – BOLIVIA

.....
M.Sc. Ing. E. Roberto Álvarez Gozalvez

**DECANO - FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

.....
M.Sc. Ing. Silvana Paz Ramírez

**VICEDECANA - FACULTAD
DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

TRIBUNAL:

.....
M.Sc. Ing. Luis Alberto Yurquina Flores

.....
M.Sc. Ing. Trinidad Baldiviezo Montalvo

.....
Ing. Ada Gladys López Rueda

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

DEDICATORIA

Sin lugar a dudas a mis padres Remberto Nava y Elizabeth Plantarrosa, a mi hermano Fabricio Nava por apoyarme siempre y por haber confiado en mí e inculcarme la perseverancia para cumplir con mis metas e ideales.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme cumplir este gran objetivo.

A mis padres y mi hermano por todo el apoyo y comprensión.

A mis abuelos y tíos por el cariño y amor que me brindaron siempre.

A todos mis amigos y docentes que brindaron su ayuda desinteresadamente.

Los grandes espíritus siempre han encontrado una violenta oposición de parte de mentes mediocres.

Albert Einstein

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1 INTRODUCCIÓN	19
1.2 JUSTIFICACION	20
1.3 DISEÑO TEÓRICO.....	21
1.3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.3.1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	21
1.3.1.2 PROBLEMA.....	22
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	22
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
1.5 HIPÓTESIS	23
1.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTE Y DEPENDIENTE	23
1.6.1 INDEPENDIENTE	23
1.6.2 DEPENDIENTE.....	24
1.6.3 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.4
1.7 DISEÑO METODOLÓGICO.....	27
1.7.1 COMPONENTES	27
1.7.1.1 UNIDADES DE ESTUDIO Y DECISIÓN MUESTRAL:	27
1.7.1.2 POBLACIÓN	28
1.7.1.3 MUESTRA.....	30
1.7.1.4 MUESTREO.....	30
1.8 MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS	31
1.9 INSTRUMENTOS PARA REALIZAR LA CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES	32
1.10 INSTRUMENTOS PARA REALIZAR EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	37
1.11 PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS Y LA INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.12 ALCANCE DE INVESTIGACIÓN.....	44

**CAPITULO II: GENERALIDADES Y DEFINICIONES SOBRE EL CEMENTO
ASFÁLTICO, AGREGADOS, MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL, MEZCLA
ASFALTICA MODIFICADA Y ENSAYO MARSHALL DE DISEÑO DE MEZCLAS**

2.1 ASFALTO	46
2.1.1 DEFINICIÓN.....	46
2.1.2 OBTENCION DEL ASFALTO EN REFINERIAS	48
2.1.3 PROPIEDADES FISICAS DEL ASFALTO	49
2.1.4 ENSAYOS DE CARACTERIZACION DEL CEMENTO ASFÁLTICO CONVENCIONAL	52
2.1.4.1 ENSAYOS DE VISCOSIDAD	52
2.1.4.2 ENSAYOS DE PENETRACIÓN.....	53
2.1.4.3 ENSAYO DE PUNTO DE INFLAMACIÓN Y COMBUSTIÓN MEDIANTE LA COPA ABIERTA DE CLEVELAND.....	54
2.1.4.4 ENSAYO DE DUCTILIDAD.....	54
2.1.4.5 ENSAYO DE PUNTO DE ABLANDAMIENTO MEDIANTE EL APARATO DE ANILLO Y BOLA	55
2.1.4.6 PESO ESPECÍFICO	55
2.2 AGREGADOS EN MEZCLAS ASFALTICAS	56
2.2.1 PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS	56
2.2.2 TIPOS DE AGREGADOS UTILIZADOS EN MEZCLAS ASFALICAS	58
2.2.2.1 AGREGADO GRUESO	58
2.2.2.2 PIEDRA TRITURADA	58
2.2.2.3 GRAVA TRITURADA	59
2.2.2.4 AGREGADO FINO	59
2.2.3 ENSAYOS DE CARACTERIZACION DE LOS AGREGADOS	61
2.2.3.1 GRANULOMETRIA	61
2.2.3.2 RESISTENCIA AL DESGASTE POR ABRASION.....	62
2.2.3.3 PESO ESPECÍFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO.....	63
2.2.3.4 EQUIVALENTE DE ARENA.....	66
2.3 MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL.....	67

2.3.1 DEFINICION.....	67
2.3.2 CARACTERISTICAS Y COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS ASFALTICAS	67
2.3.2.1 PESO ESPECÍFICO DE LOS AGREGADOS	68
2.3.2.2 DENSIDAD MAXIMA REAL DE LA MEZCLA (GR/CM3).....	68
2.3.2.3 VACÍOS DE AIRE (VA) (%).....	70
2.3.2.4 VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL (VAM) (%).....	71
2.3.2.5 RELACIÓN BETUMEN VACÍOS (%).....	73
2.3.2.6 CONTENIDO DE ASFALTO	73
2.3.3 PROPIEDADES DE MEZCLAS ASFALTICAS.....	74
2.3.4 TIPOS DE ELABORACION DE MEZCLAS ASFALTICAS CONVENCIONALES	75
2.3.4.1 MEZCLA EN PLANTA.....	75
2.3.4.2 MEZCLA EN CAMINO (ROAD MIX).....	76
2.4 MEZCLAS MODIFICADAS CON POLIMEROS.....	77
2.4.1 DEFINICION.....	77
2.4.2 IMPORTANCIA DE LAS MEZCLAS MODIFICADAS CON POLIMERO.....	77
2.4.3 POLIMEROS UTILIZADOS EN LA MODIFICACION DE ASFALTO	78
2.4.3.1 ASFALTOS MODIFICADOS CON POLÍMEROS TIPO ELASTÓMEROS	78
2.4.3.2 ASFALTOS MODIFICADOS CON POLÍMEROS TIPO PLASTÓMEROS.....	80
2.4.4 PROPIEDADES DEL ASFALTO MODIFICADO.....	82
2.5 DISEÑO DE MEZCLAS POR EL MÉTODO MARSHALL	82
2.5.1 DESCRIPCION DEL MÉTODO MARSHALL.....	83
2.5.2 PROCEDIMIENTO RESUMIDO DEL ENSAYO MARSHALL.....	83
2.6 TEMPERATURA DE MEZCLAS ASFALTICAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.6.1 TEMPERATURA EN EL TRANSPORTE ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
2.6.2 TEMPERATURA EN PLATAFORMA..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
2.7 NORMATIVA A UTILIZAR EN EL PROYECTO DE EXPERIMENTACIÓN.....	88

**CAPITULO III: PREPARACION DE MATERIALES PARA LA INVESTIGACION
SOBRE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN MEZCLAS ASFALTICAS
MODIFICADA CON POLIMERO Y ASFALTO CONVENCIONAL**

3.1 SELECCIÓN DE MATERIALES	90
3.2 ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN PARA EL AGREGADO PETREO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL	93
3.2.1 GRANULOMETRIA	93
3.2.2 RESULTADOS DE CARACTERIZACION DE AGREGADO PETREO (CHANCADORA LAGUNITAS).....	94
3.3 CARACTERIZACIÓN DE CEMENTO ASFÁLTICO CONVENCIONAL.....	95
3.4 ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN PARA EL AGREGADO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA	96
3.4.1 GRANULOMETRÍA	96
3.4.2 RESULTADOS DE CARACTERIZACION DE AGREGADO PETREO (CHANCADORA CAROLIINA).....	97
3.1.1 CARACTERIZACIÓN DE CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON POLÍMERO SBS	98

**CAPITULO IV: DISEÑO, EVALUACION Y ANALISIS DE LA TEMPERATURA DE
COMPACTACIÓN DE LA MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA CON
POLIMERO Y MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL**

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	99
4.2 PROCEDIMIENTO MARSHALL	107
4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.3.1 DISEÑO DE LA MEZCLA DE TRABAJO CON ASFALTO CONVENCIONAL ...	110
4.3.2 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN EN MEZCLA CONVENCIONAL	110
4.3.2.1 DURANTE LA ETAPA DE SALIDA DE PLANTA.....	110
4.3.2.1.1 ANALISIS ESTADISTICO DE LA ESTABILIDAD.....	111

4.3.2.1.2 ANALISIS ESTADISTICO DE LA FLUENCIA.....	115
4.3.2.2 DURANTE LA ETAPA DE TRANSPORTE.....	120
4.3.2.2.1 ANALISIS ESTADISTICO DE LA ESTABILIDAD.....	121
4.3.2.2.2 ANALISIS ESTADISTICO DE LA FLUENCIA.....	125
4.3.2.3 DURANTE LA ETAPA DE COLOCADO EN PLATAFORMA.....	130
4.3.2.3.1 ANALISIS ESTADISTICO DE LA ESTABILIDAD.....	131
4.3.2.3.2 ANALISIS ESTADISTICO DE LA FLUENCIA.....	136
4.3.2.4 VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN.....	141
4.3.2.4.1 ANALISIS ESTADISTICO DE LA ESTABILIDAD.....	143
4.3.2.4.2 ANALISIS ESTADISTICO DE LA FLUENCIA.....	148
4.3.3 DISEÑO DE LA MEZCLA DE TRABAJO CON ASFALTO MODIFICADO CON POLÍMERO SBS.....	154
4.3.3.1 DURANTE LA ETAPA DE SALIDA DE PLANTA.....	158
4.3.3.1.1 ANALISIS ESTADISTICO DE LA ESTABILIDAD.....	159
4.3.3.1.2 ANALISIS ESTADISTICO DE LA FLUENCIA.....	163
4.3.3.2 DURANTE LA ETAPA DE TRANSPORTE.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.3.3.2.1 ANALISIS ESTADISTICO DE LA ESTABILIDAD.....	169
4.3.3.2.2 ANALISIS ESTADISTICO DE LA FLUENCIA.....	173
4.3.3.3 DURANTE LA ETAPA DE COLOCADO EN PLATAFORMA.....	178
4.3.3.3.1 ANALISIS ESTADISTICO DE LA ESTABILIDAD.....	179
4.3.3.3.2 ANALISIS ESTADISTICO DE LA FLUENCIA.....	183
4.3.3.4 VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN.....	188
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	201
BIBLIOGRAFIA.....	204

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 POBLACIÓN: PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	28
FIGURA 1.2 SERIE DE TAMICES	32
FIGURA 1.3 INSTRUMENTOS PARA PESO ESPECÍFICO	33
FIGURA 1.4 TAMBOR PARA EL ENSAYO AL DESGASTE DE LOS ÁNGELES	33
FIGURA 1.5 INSTRUMENTOS PARA EQUIVALENTE DE ARENA	34
FIGURA 1.6 PENETRÓMETRO PARA DETERMINAR LA PENETRACIÓN	34
FIGURA 1.7 COPA ABIERTA DE CLEVELAND PARA DETERMINAR PUNTO DE INFLAMACIÓN	35
FIGURA 1.8 APARATO DE ANILLO Y BOLA PARA DETERMINAR PUNTO DE ABLANDAMIENTO	35
FIGURA 1.9 DUCTILIMETRO PARA DETERMINAR DUCTILIDAD	36
FIGURA 1.10 INSTRUMENTO PARA DETERMINAR PESO ESPECÍFICO	36
1.10 INSTRUMENTOS PARA REALIZAR EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	37
FIGURA 1.11 PRENSA MARSHALL	38
FIGURA 1.12 MOLDES Y MARTILLO PARA MARSHALL	38
FIGURA 1.13 TERMÓMETRO LÁSER	39
FIGURA 1.14 TERMÓMETRO DE VIDRIO	39
FIGURA 1.15 TERMÓMETRO DE CARATULA CON VÁSTAGO	49
FIGURA. 2.1 PROCESO DE REFINACIÓN DEL PETRÓLEO	62
FIGURA 2.2 DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS	71
FIGURA. 2.3 ESQUEMA DE LOS VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL	85
FIGURA. 2.4 MEDIDOR DE ESTABILIDAD	86
FIGURA. 2.5 MEDIDOR DE FLUENCIA	90
FIGURA 3.1 MAPA POLÍTICO DE TARIJA	90
FIGURA 3.2 PROVINCIA GRAN CHACO	91
FIGURA 3.3 PROVINCIA MÉNDEZ	92
FIGURA 3.4 CEMENTO ASFALTICO BETUPEN	92

FIGURA 3.5 CEMENTO ASFALTICO MODIFICADO BETUFLEX	99
FIGURA 4.1 MEDICIÓN DE MUESTRA A LA SALIDA DE PLANTA	100
FIGURA 4.2 MEDICIÓN DE TEMPERATURA EN LA TOLVA DE LA TERMINADORA	100
FIGURA 4.3 MEDICIÓN DE TEMPERATURA EN PLATAFORMA	102
FIGURA 4.4 PREPARACIÓN DE MOLDES Y MARTILLO EN HORNO	103
FIGURA 4.5 COLOCACIÓN DE MUESTRA EN MOLDE	103
FIGURA 4.6 MEDICIÓN DE TEMPERATURA EN MOLDE	104
FIGURA 4.7 MUESTRA COMPACTADA EN AMBAS CARAS	104
FIGURA 4.8 DESMOLDE DE BRIQUETAS UNA VEZ FRÍAS.....	105
FIGURA 4.9 PESO SECO DE BRIQUETA	105
FIGURA 4.10 SECANDO BRIQUETA LUEGO DE SER SATURADA DURANTE 15-20 MIN ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
FIGURA 4.11 PESO SUMERGIDO DE BRIQUETA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
FIGURA 4.12 BRIQUETA EN BAÑO DE AGUA A 60 °C....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
FIGURA 4.13 BRIQUETA EN PRENSA MARSHALL	106
FIGURA 4.14 BRIQUETA DEFORMADA	107

INDICE DE TABLAS

**TABLA 1.1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE..... ¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.**

**TABLA 1.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE..... ¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.**

**TABLA 1.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE DEPENDIENTE..... ¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.**

**TABLA 1.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE DEPENDIENTE..... ¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.**

**TABLA 3.1 COMBINACIÓN DE AGREGADOS CHANCADORA: LAGUNITAS
¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

**TABLA 3.2 RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DE AGREGADO DE
CHANCADORA LAGUNITAS ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

**TABLA 3.3 RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DE CEMENTO ASFALTICO
CONVENCIONAL..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

**TABLA 3.4 COMBINACIÓN DE AGREGADOS CHANCADORA: CAROLINA;¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.**

**TABLA 3.5 RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DE AGREGADO DE
CHANCADORA CAROLINA..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

**TABLA 3.6 RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DE CEMENTO ASFALTICO
MODIFICADO BETUFLEX ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

**TABLA 4.1 RESUMEN DE RANGOS DE TEMPERATURAS MEDIDAS ¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.**

**TABLA 4.2 DISEÑO MARSHALL DE MEZCLA CONVENCIONAL ¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.3 RESUMEN DE PROPIEDADES DE DISEÑO MARSHALL..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.4 ENSAYO MARSHALL EN MEZCLA CONVENCIONAL - ETAPA: SALIDA DE PLANTA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA ESTABILIDAD EN ETAPA: SALIDA DE PLANTA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.6 RANGOS DE ESTABILIDAD EN ETAPA: SALIDA DE PLANTA . **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.7 DEPURACIÓN DE DATOS DE ESTABILIDAD - ETAPA: SALIDA DE PLANTA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.8 ESTABILIDAD PROMEDIO CON DATOS NO DEPURADOS..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.9 RESULTADOS FINALES DE ESTABILIDAD – ETAPA: SALIDA DE PLANTA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO (FLUENCIA) ETAPA : SALIDA DE PLANTA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.11 RANGOS DE FLUENCIA EN ETAPA: SALIDA DE PLANTA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.12 DEPURACIÓN DE DATOS DE FLUENCIA - ETAPA: SALIDA DE PLANTA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.13 FLUENCIA PROMEDIO CON DATOS NO DEPURADOS **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.14 RESULTADOS FINALES DE FLUENCIA – ETAPA: SALIDA DE PLANTA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.15 ENSAYO MARSHALL A DIFERENTES TEMPERATURAS - ETAPA: TRANSPORTE..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.16 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA ESTABILIDAD ETAPA: TRANSPORTE
¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

TABLA 4.17 RANGOS DE ESTABILIDAD ETAPA: TRANSPORTE **¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.18 DEPURACIÓN DE DATOS DE ESTABILIDAD - ETAPA:
TRANSPORTE..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.19 ESTABILIDAD PROMEDIO CON DATOS NO DEPURADOS **¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.20 RESULTADOS FINALES DE ESTABILIDAD – ETAPA: TRANSPORTE
¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

TABLA 4.21 ANÁLISIS ESTADÍSTICO (FLUENCIA)
ETAPA: TRANSPORTE **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.22 RANGOS DE FLUENCIA ETAPA: TRANSPORTE **¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.23 DEPURACIÓN DE DATOS DE FLUENCIA - ETAPA: TRANSPORTE
¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

TABLA 4.24 ESTABILIDAD PROMEDIO CON DATOS NO DEPURADOS **¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.25 RESULTADOS FINALES DE FLUENCIA– ETAPA: TRANSPORTE
¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

TABLA 4.26 ENSAYO MARSHALL A DIFERENTES TEMPERATURAS - ETAPA:
COLOCADO EN PLATAFORMA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.27 ANÁLISIS ESTADÍSTICO (ESTABILIDAD)
ETAPA: COLOCADO EN PLATAFORMA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.28 RANGOS DE ESTABILIDAD ETAPA: COLOCADO EN
PLATAFORMA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.29 DEPURACIÓN DE DATOS DE ESTABILIDAD - ETAPA: COLOCADO EN PLATAFORMA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.30 ESTABILIDAD PROMEDIO CON DATOS NO DEPURADOS **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.31 RESULTADOS FINALES DE ESTABILIDAD- ETAPA: COLOCADO EN PLATAFORMA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.32 ANÁLISIS ESTADÍSTICO (FLUENCIA)
ETAPA: COLOCADO EN PLATAFORMA..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.33 RANGOS DE FLUENCIA ETAPA: COLOCADO EN PLATAFORMA
¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

TABLA 4.34 DEPURACIÓN DE DATOS DE FLUENCIA - ETAPA: COLOCADO EN PLATAFORMA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.35 FLUENCIA PROMEDIO CON DATOS NO DEPURADOS **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.36 RESULTADOS FINALES DE FLUENCIA – ETAPA: COLOCADO EN PLATAFORMA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.37 ENSAYO MARSHALL A DIFERENTES TEMPERATURAS – VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA;**¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.38 ANÁLISIS ESTADÍSTICO (ESTABILIDAD)
ETAPA: MÁXIMOS Y MÍNIMOS..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.39 RANGOS DE ESTABILIDAD ETAPA: MÁXIMOS Y MÍNIMOS. **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.40 DEPURACIÓN DE DATOS DE ESTABILIDAD - ETAPA: MÁXIMOS Y MÍNIMOS **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.41 ESTABILIDAD PROMEDIO CON DATOS NO DEPURADOS **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.42 RESULTADOS FINALES DE ESTABILIDAD – ETAPA: MÁXIMOS Y MÍNIMOS **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.43 ANÁLISIS ESTADÍSTICO (FLUENCIA)
ETAPA: MÁXIMOS Y MÍNIMOS..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.44 RANGOS DE ESTABILIDAD ETAPA: MÁXIMOS Y MÍNIMOS. **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.45 DEPURACIÓN DE DATOS DE FLUENCIA - ETAPA: MÁXIMOS Y MÍNIMOS **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.46 FLUENCIA PROMEDIO CON DATOS NO DEPURADOS **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.47 RESULTADOS FINALES DE FLUENCIA – ETAPA: MÁXIMOS Y MÍNIMOS **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.48 DISEÑO MARSHALL DE MEZCLA MODIFICADA CON POLÍMERO
¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

TABLA 4.49 RESUMEN DE PROPIEDADES DE DISEÑO MARSHALL..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.50 ENSAYO MARSHALL A DIFERENTES TEMPERATURAS - ETAPA: SALIDA DE LA PLANTA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.51 ANÁLISIS ESTADÍSTICO (ESTABILIDAD)
ETAPA: SALIDA DE PLANTA..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.52 RANGOS DE ESTABILIDAD ETAPA: SALIDA DE PLANTA..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.53 DEPURACIÓN DE DATOS DE ESTABILIDAD - ETAPA: SALIDA DE PLANTA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.54 ESTABILIDAD PROMEDIO CON DATOS NO DEPURADOS..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.55 RESULTADOS FINALES DE ESTABILIDAD – ETAPA: SALIDA DE PLANTA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.56 ANÁLISIS ESTADÍSTICO (FLUENCIA)
ETAPA: SALIDA DE PLANTA..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.57 RANGOS DE FLUENCIA ETAPA: SALIDA DE PLANTA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.58 DEPURACIÓN DE DATOS DE FLUENCIA - ETAPA: SALIDA DE PLANTA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.59 FLUENCIA PROMEDIO CON DATOS NO DEPURADOS **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.60 RESULTADOS FINALES DE FLUENCIA – ETAPA: SALIDA DE PLANTA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.61 ENSAYO MARSHALL A DIFERENTES TEMPERATURAS - ETAPA: TRANSPORTE..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.62 ANÁLISIS ESTADÍSTICO (ESTABILIDAD)
ETAPA: TRANSPORTE **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.63 RANGOS DE ESTABILIDAD ETAPA: TRANSPORTE..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.64 DEPURACIÓN DE DATOS DE ESTABILIDAD - ETAPA: TRANSPORTE **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.65 ESTABILIDAD PROMEDIO CON DATOS NO DEPURADOS..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.66 RESULTADOS FINALES DE ESTABILIDAD – ETAPA: TRANSPORTE **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.67 ANÁLISIS ESTADÍSTICO (FLUENCIA)
ETAPA: TRANSPORTE **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.68 RANGOS DE FLUENCIA ETAPA: TRANSPORTE **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.69 DEPURACIÓN DE DATOS DE FLUENCIA - ETAPA: TRANSPORTE
¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

TABLA 4.70 FLUENCIA PROMEDIO CON DATOS NO DEPURADOS **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.71 RESULTADOS FINALES DE FLUENCIA – ETAPA: TRANSPORTE
¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

TABLA 4.72 ENSAYO MARSHALL A DIFERENTES TEMPERATURAS - ETAPA:
COLOCADO EN PLATAFORMA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.73 ANÁLISIS ESTADÍSTICO (ESTABILIDAD)
ETAPA: COLOCADO EN PLATAFORMA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.74 RANGOS DE ESTABILIDAD ETAPA: COLOCADO EN PLATAFORMA
¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

TABLA 4.75 DEPURACIÓN DE DATOS DE ESTABILIDAD - ETAPA: COLOCADO
EN PLATAFORMA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.76 ESTABILIDAD PROMEDIO CON DATOS NO DEPURADOS **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.77 RESULTADOS FINALES DE ESTABILIDAD – ETAPA: COLOCADO EN
PLATAFORMA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.78 ANÁLISIS ESTADÍSTICO (FLUENCIA)
ETAPA: COLOCADO EN PLATAFORMA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.79 RANGOS DE FLUENCIA ETAPA: COLOCADO EN PLATAFORMA
¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

TABLA 4.80 DEPURACIÓN DE DATOS DE FLUENCIA - ETAPA: COLOCADO EN
PLATAFORMA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.81 FLUENCIA PROMEDIO CON DATOS NO DEPURADOS **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.82 RESULTADOS FINALES DE FLUENCIA – ETAPA: COLOCADO EN PLATAFORMA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.83 ENSAYO MARSHALL A DIFERENTES TEMPERATURAS - ETAPA: MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA;**¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.84 ANÁLISIS ESTADÍSTICO (ESTABILIDAD)
ETAPA: MÁXIMOS Y MÍNIMOS..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.85 RANGOS DE ESTABILIDAD ETAPA: MÁXIMOS Y MÍNIMOS. **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.86 DEPURACIÓN DE DATOS DE ESTABILIDAD - ETAPA: MÁXIMOS Y MÍNIMOS **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.87 ESTABILIDAD PROMEDIO CON DATOS NO DEPURADOS..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.88 RESULTADOS FINALES DE ESTABILIDAD – ETAPA: COLOCADO EN PLATAFORMA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.89 ANÁLISIS ESTADÍSTICO (ESTABILIDAD)
ETAPA: MÁXIMOS Y MÍNIMOS..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.90 RANGOS DE ESTABILIDAD ETAPA: MÁXIMOS Y MÍNIMOS. **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.91 DEPURACIÓN DE DATOS DE FLUENCIA - ETAPA: MÁXIMOS Y MÍNIMOS **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.92 FLUENCIA PROMEDIO CON DATOS NO DEPURADOS **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA 4.93 RESULTADOS FINALES DE FLUENCIA – ETAPA: MÁXIMOS Y MÍNIMOS **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

INDICE DE GRAFICAS

GRAFICA 3.1 CURVA GRANULOMÉTRICA (AGREGADO: CHANCADORA LAGUNITAS)	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
GRAFICA 3.2 CURVA GRANULOMÉTRICA (AGREGADO: CHANCADORA CAROLINA)	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
GRAFICA 4.1 DISEÑO MARSHALL DE MEZCLA CONVENCIONAL.....	108
GRAFICA 4.2 ESTABILIDAD VS. TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN EN ETAPA: SALIDA DE PLANTA	114
GRAFICA 4.3 FLUENCIA VS. TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN EN ETAPA: SALIDA DE PLANTA	119
GRAFICA 4.4 ESTABILIDAD VS. TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN EN ETAPA: TRANSPORTE.....	124
GRAFICA 4.5 FLUENCIA VS. TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN EN ETAPA: TRANSPORTE.....	129
GRAFICA 4.6 ESTABILIDAD VS. TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN EN ETAPA: COLOCADO EN PLATAFORMA	135
GRAFICA 4.7 FLUENCIA VS. TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN EN ETAPA: COLOCADO EN PLATAFORMA	140
GRAFICA 4.8 ESTABILIDAD VS. TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN CON VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA .	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
GRAFICA 4.9 FLUENCIA VS. TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN CON VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA.....	152
GRAFICA 4.10 DISEÑO MARSHALL DE MEZCLA MODIFICADA CON POLÍMERO	155
GRAFICA 4.11 ESTABILIDAD VS. TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN – ETAPA: SALIDA DE PLANTA	162

GRAFICA 4.12 FLUENCIA VS. TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN – ETAPA: SALIDA DE PLANTA	167
GRAFICA 4.13 ESTABILIDAD VS. TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN – ETAPA: TRANSPORTE.....	172
GRAFICA 4.14 FLUENCIA VS. TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN – ETAPA: TRANSPORTE.....	176
GRAFICA 4.15 ESTABILIDAD VS. TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN – ETAPA: COLOCADO EN PLATAFORMA	182
GRAFICA 4.16 FLUENCIA VS. TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN – ETAPA: COLOCADO EN PLATAFORMA	186
GRAFICA 4.17 ESTABILIDAD VS. TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN – VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMP. DE COMPACTACIÓN.....	194
GRAFICA 4.18 FLUENCIA VS. TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN – VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMP. DE COMPACTACIÓN	199

INDICE DE ECUACIONES

EC. 1.1 MEDIA MUESTRAL.....	42
EC. 1.2 MEDIANA.....	42
EC. 1.3 VARIANZA.....	43
EC. 1.4 DESVIACIÓN ESTÁNDAR	43
EC. 1.5 RANGO	44
EC. 2.1 PESO ESPECÍFICO DE LOS AGREGADOS	68
EC. 2.2 DENSIDAD MÁXIMA REAL DE LA MEZCLA	69
EC. 2.3 VACÍOS DE AIRE.....	70
EC. 2.4 VACÍOS DEL AGREGADO MINERAL	72
EC. 2.5 RELACIÓN BETUMEN-VACÍOS	73