

ÍNDICE

1. GENERALIDADES	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.2.1. Identificación del problema.....	2
1.2.2. Formulación del problema	2
1.3. Objetivos y Acciones.....	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivo Especifico	2
1.4. Justificación.....	3
1.4.1. Justificación técnica	3
1.4.2. Justificación económica	3
1.5. Alcance y limitaciones	4
1.5.1. Alcance geográfico	4
1.5.2. Alcance temporal	4
1.5.3. Alcance temático	4
1.5.4. Limitaciones	5
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Deflexiones.....	6
2.1.1. Medición de la deflexión, método 1, Según la especificación INVE E-795-07.	6
2.1.2. Medición de la deflexión, Según la especificación MTC, E 1002-2000.....	9
2.2. El uso de la viga Benkelman en el país.	10
2.3. Análisis estadístico de las mediciones de deflexión.....	11
2.3.1. Distribución normal para la deflexión máxima.	12

2.3.2. Propuesta de control estadístico para el cuenco de deflexión.....	14
2.3.2.1. <i>Modelo de regresión logística.</i>	15
2.3.2.2. <i>Medición de la Bondad de ajuste.</i>	17
2.3.2.3. <i>T-student.</i>	18
2.3.2.4. <i>Bondad de ajuste según el método T – Student para los tramos 0+500 y 0+900..</i>	22
2.3.2.5. <i>Método del error cuadrático medio (RMSE) para cuencos de deflexión medidos y calculados.</i>	23
2.4. Refuerzo estructural (sobrecarpetas), con la deflexión máxima.....	29
2.4.1. <i>Sobre carpetas asfálticas en Argentina método Celestino Ruiz.....</i>	30
2.4.1.1. <i>Cálculo de espesores de refuerzo en concreto asfáltico.....</i>	33
2.4.2. <i>Sobre carpetas asfálticas en Brasil método DNER PRO 11/79</i>	34
2.4.2.1. <i>Cálculo de espesores de refuerzo en concreto asfáltico.....</i>	36
2.4.3. <i>Sobre carpetas asfálticas según la guía AASHTO-93.....</i>	37
2.4.3.1. <i>Cálculo de espesores de refuerzo en concreto asfáltico.....</i>	39
2.5. Refuerzo estructural del pavimento según el módulo de la subrasante	40
2.5.1. <i>Módulo elástico</i>	40
2.5.2. <i>Módulo elástico de la subrasante</i>	42
2.5.3. <i>Módulo resiliente</i>	42
2.5.4. <i>Definición de Poisson</i>	43
2.5.4.1. <i>Determinación del coeficiente Poisson por carga estática</i>	44
2.5.5. <i>Metodología de acuerdo al modelo Hogg (para Viga Benkelman)</i>	46
2.5.5.1. <i>El modelo Hogg.....</i>	46
2.5.5.2. <i>Ecuación de Hogg.</i>	50
2.6. Descripción de las ecuaciones por los métodos Hogg y Mario S. Hoffman.....	52

2.6.1. Factor de longitud de curva (R50) por Mario S. Hoffman.....	52
2.6.2. Factor de longitud de curva (R50) por Hogg.	53
2.6.3. Longitud característica “Lo” por Mario S. Hoffman.	54
2.6.4. Longitud característica “Lo” por Hogg.....	56
2.6.5. Relación entre rigidez de la carga puntual teórica y carga distribuida por Mario S. Hoffman.....	56
2.6.6. Relación entre rigidez de la carga puntual teórica y carga distribuida por Hogg..	57
2.6.7. Módulo de elasticidad de la subrasante por Mario S. Hoffman	58
2.6.8. Módulo de elasticidad de la subrasante por Hogg.	59
2.6.9. Determinación del número estructural efectivo “SN_{eff}” en base a los para metros básico de Hogg.....	60
2.6.10. Determinación del espesor equivalente.....	61
2.6.11. Módulo Equivalente por Mario S. Hoffman	62
2.7. Descripción de las ecuaciones según la guía AASHTO-93.....	63
2.7.1. Determinación del módulo resiliente de acuerdo a la guía AASHTO-93	63
2.7.2. Factor de ajuste “C” para el retrocálculo de la subrasante “M_r”	66
2.7.3. Determinación del radio efectivo de la tensión principal “a_e” según la guía AASHTO-93.....	66
2.7.4. Determinación del módulo efectivo E_p por la guía AASHTO-93.....	68
2.7.5. Adopción del coeficiente de Poisson $\mu=0.5$ para la determinación del retrocálculo (M_R, a_e y E_P).....	71
2.7.6. Determinación del número estructural efectivo “SN_{eff}” por la AASHTO-93.....	72
3. INGENIERÍA DE PROYECTO	74
3.1. El proyecto, medición y cálculo de la deflexión	74
3.1.1. Características de la geotecnia de la subrasante	74

3.1.2. Características del pavimento de estudio	77
3.1.3. Características del pavimento de medición de la deflexión.	77
3.1.3. Características de la viga Benkelman	78
3.1.4. Proceso de medición	79
3.1.4.1. Especificaciones de campo para la medición de la deflexión	88
3.1.4.1.1. Equipo.....	89
3.1.4.1.2. Distancias	89
3.1.4.1.3. Ensayos a nivel de red	89
3.1.4.1.4. Ensayos a nivel general de proyecto	90
3.1.4.1.5. Ensayos a nivel detallado de proyecto	90
3.1.5. Registro de las medidas de deflexión con la viga Benkelman	90
3.1.6. Calibración de la viga Benkelman.....	92
3.1.6.1. Coeficiente de calibración.....	95
3.1.7. Cálculo de las deflexiones	95
3.1.7.1. Ejemplo para el cálculo de deflexiones	95
3.2. Aplicación del modelo LOG.MOD en el retrocálculo deflectométrico.....	96
3.2.1. Formato del LOG.MOD	96
3.2.2. Procedimiento para la utilización del software LOGMOD según AASHTO-93.....	97
3.2.2.1. Primera pestaña LOG.MOD en relación al método AASHTO-93	98
3.2.2.2. Secuencia de pasos para el uso del LOG.MOD	98
3.2.2.3. Segunda pestaña LOG.MOD.....	109
3.2.3. Diagrama de flujo para la determinación del número estructural por LOG.MOD.....	122
3.2.4. Diagrama de flujo para el análisis logístico por LOG.MOD	123

3.3. Correlación de los programas LOG.MOD Vs DIPAV.....	124
3.3.1. Memoria de cálculo según la guía AASHTO-93.....	124
3.3.1.1. <i>Calculo para el tramo 0+900.....</i>	124
3.3.1.2. <i>Determinación del módulo elástico de la subrasante “Mr”.....</i>	124
3.3.1.3. <i>Determinación del módulo equivalente “Ep”.....</i>	124
3.3.1.4. <i>Determinación del número estructural efectivo “SNeff”.....</i>	125
3.3.1.5. <i>Determinación del radio efectivo “ae”.....</i>	126
3.3.1.6. <i>Siguiente distancia “r” para el cálculo del numero estructural efectivo “SNeff”.....</i>	127
3.3.1.7. <i>Calculo para el tramo 5+100.....</i>	127
3.3.1.8. <i>Determinación del módulo elástico “Mr”.....</i>	127
3.3.1.9. <i>Determinación del módulo equivalente “Ep”.....</i>	128
3.3.1.10. <i>Determinación del número estructural efectivo “SNeff”.....</i>	129
3.3.1.11. <i>Determinación del radio efectivo “ae”.....</i>	130
3.3.1.12. <i>Siguiente distancia “r” para el cálculo del numero estructural efectivo “SNeff”.....</i>	130
3.3.2. Resultados del programa DIPAV.....	131
3.3.2.1. <i>Datos para el retrocálculo con DIPAV 2.2.....</i>	133
3.3.2.2. <i>Resultados con DIPAV 2.2 para la determinación del SNeff.....</i>	138
3.3.2.3. <i>Resultados del cálculo del número estructural efectivo con el programa DIPAV 2.2.....</i>	140
3.3.2.4. <i>Tolerancia de error en los módulos calculados por los programas DIPAV vs LOG.MOD.....</i>	142
3.4. Procedimiento para la utilización del software LOGMOD según HOGG.....	144
3.4.1. Primera pestaña LOG.MOD en relación al método Hogg.....	144
3.4.2. Memoria de cálculo según el método Hogg.....	149

3.4.2.1. <i>Calculo para el tramo 0+900</i>	149
3.4.2.2. <i>Determinación del “r50”</i>	149
3.4.2.3. <i>Determinación del Radio “a” de huella circular</i>	150
3.4.2.4. <i>Determinación de la longitud elástica “Lo”</i>	150
3.4.2.5. <i>Corrección de la longitud elástica “Lo”</i>	151
3.4.2.6. <i>Determinación de la rigidez S/So</i>	151
3.4.2.7. <i>Determinación del módulo de elasticidad “Eo”</i>	152
3.4.2.8. <i>Determinación del número estructural efectivo “S_{Neff}”, por medio de los parámetros de Hogg</i>	152
3.4.2.9. <i>Determinación del número estructural efectivo “S_{Neff}”, según la guía AASHTO-93</i>	153
3.4.2.10. <i>Calculo para el tramo 5+100</i>	153
3.4.2.11. <i>Determinación del “r50”</i>	153
3.4.2.12. <i>Determinación del Radio “a” de huella circular</i>	154
3.4.2.13. <i>Determinación de la longitud elástica “Lo”</i>	154
3.4.2.14. <i>Corrección de la longitud elástica “Lo”</i>	155
3.4.2.15. <i>Corrección de rigidez</i>	156
3.4.2.16. <i>Determinación del módulo de elasticidad Eo</i>	156
3.4.2.17. <i>Determinación del número estructural efectivo “S_{Neff}”, por medio de los parámetros de Hogg</i>	157
3.4.2.18. <i>Determinación del número estructural efectivo “S_{Neff}”, según la guía AASHTO-93</i>	157
3.4.3. Memoria de cálculo según el método Hoffman	158
3.4.3.1. <i>Calculo para el tramo 0+900</i>	158
3.4.3.2. <i>Determinación del factor de longitud de curva (R50)</i>	158

3.4.3.3. Determinación de la longitud elástica “Lo”	158
3.4.3.4. Determinación entre rigidez de la carga puntual teórica y carga distribuida	159
3.4.3.5. Determinación del módulo de elasticidad “Eo”	159
3.4.3.6. Determinación del número estructural efectivo “S_{Neff}”, por medio de los parámetros de Hogg	160
3.4.3.7. Determinación del número estructural efectivo “S_{Neff}”, según la guía AASHTO-93	160
3.4.3.8. Calculo para el tramo 5+100	161
3.4.3.9. Determinación del factor de longitud de curva (R₅₀)	161
3.4.3.10. Determinación de la longitud elástica “L_o”	161
3.4.3.11. Determinación entre rigidez de la carga puntual teórica y carga distribuida	162
3.4.3.12. Determinación del módulo de elasticidad “E_o”	162
3.4.3.13. Determinación del número estructural efectivo “S_{N_{eff}}”	163
3.4.3.14. Determinación del número estructural efectivo “S_{N_{eff}}”, según la guía AASHTO-93	163
3.5.1. Comparación de resultados del “S_{N_{eff}}” según los parámetros propuesto por Hogg, para los resultados de los métodos por Mario Hoffman y Hogg	164
3.5.2. Comparación del S_{Neff} según el método AASHTO-93 para los resultados de los métodos por Mario Hoffman y AASHTO-93	165
3.5.3. Comparación de resultados por los métodos AASHTO-93 y HOGG	166
3.5.4. Comparación de resultados por los métodos HOGG y Mario HOFFMAN	167
3.5.5. Comparación de métodos según la guía AASHTO-93 y parámetros propuestos por HOGG para la determinación del S_{Neff}	168
4. CONCLUSIONES	169
5. RECOMENDACIONES	183

BIBLIOGRAFÍA	189
---------------------------	------------

ANEXOS

1.1. Anexo: 1	1
1.2. Anexo: 2	4
1.3. Anexo: 3	7
1.4. Anexo: 4	9
1.5. Anexo: 5	29
1.6. Anexo: 6	30
1.7. Anexo: 7	64
1.8. Anexo: 8	101