

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL



DISERTACION PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

“EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO DE LA AUTOPISTA GENERAL
RUMIÑAHUI”

XIMENA ELIZABETH LASTRA VALVERDE

DIRECTOR: ING. FREDI PAREDES

QUITO, 2010

TABLA DE CONTENIDOS

TEMAS	PAG.
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
MARCO DE REFERENCIA	3
1 . TEMA	3
2 . JUSTIFICACIÓN	3
3 . PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
4 . ALCANCE	5
5 . OBJETIVOS	6
6.1 OBJETIVO PRINCIPAL	6
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
6 . HIPÓTESIS	6
7 . OPERACIONALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	6
7.1 VARIABLES	6
7.2 INDICADORES	7
8 . PROCEDIMIENTO – MARCO TEÓRICO	8
8.1 METODOLOGÍA	8
8.2 TÉCNICAS	8
8.3 UNIVERSO O MUESTRA	9
CAPÍTULO II	
LA CARRETERA	10
1 . EL PROYECTO DE CARRETERA	10
1.1 TIPOS DE PROYECTOS	10
1.2 FASES OPERATIVAS	11
2 . 2. LOS USUARIOS DE LA VÍA	12
2.1 EL CONDUCTOR	13
2.1.1 FACTORES INTERNOS	13
2.1.1.1 Factores psicológicos	14
2.1.1.2 Factores físicos	14
2.1.1.3 Factores psicosomáticos	15
2.1.2 FACTORES EXTERNOS	16
2.1.3 TIEMPO DE REACCIÓN	17
2.2 EL VEHÍCULO	18
2.2.1 TIPOS DE VEHÍCULOS	18
2.2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	19
2.2.2.1 Dimensiones y condicionamiento de gálibos	20
2.3 EL PEATÓN Y SU INTERACCIÓN CON LA VÍA	21
2.3.1 INFRAESTRUCTURAS PEATONALES	21
3 . REDES VIARIAS	23
3.1 REDES VIARIAS INTERURBANAS	24
3.1.1 CLASIFICACIÓN TIPOLOGICA	24
3.1.2 CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	25
3.1.3 COMPONENTES DE LA RED VIARIA	26
3.1.3.1 Obras de tierra	26
3.1.3.2 Afirmados	27
3.1.3.3 Obras de arte	28
3.1.4 ELEMENTOS DE LA VÍA	29
3.1.5 VÍAS AUXILIARES	31
3.1.6 BARRERAS Y SEPARADORES DE TRÁFICO	32
3.1.7 INTERSECCIONES Y ENLACES	33

3.2 REDES VIARIAS URBANAS	34
3.2.1 CONDICIONANTES GEOMÉTRICOS	34
3.2.2 CLASIFICACIÓN JERÁRQUICA DE LAS VÍAS URBANAS	35
3.2.2.1 Vías primarias (VPU)	35
3.2.2.2 Vías colectoras o distribuidoras (VCU)	36
3.2.2.3 Vías locales (VLU)	36
3.2.3 AFIRMADOS URBANOS	37
3.2.3.1 Criterios de elección del tipo de firme	37
3.2.3.2 Tipos de pavimentos	38
3.2.4 ACERAS	38
3.2.4.1 Exigencias funcionales	39
3.2.5 ZONAS DE ESTACIONAMIENTO	40
4 . PLANTEAMIENTO Y TRÁFICO	41
4.1 PLANIFICACIÓN VIAL Y PLANEAMIENTO	41
4.2 CARACTERÍSTICAS DEL TRÁFICO	43
4.2.1 INTENSIDAD	43
4.2.2 VELOCIDAD	44
4.2.3 OTRAS VARIABLES	45
CAPITULO III	
ASPECTOS DE LA CARRETERA	46
1 . CONDICIÓN DE LA CALZADA	46
1.1 ELEMENTOS FUNCIONALES	46
1.1.1 RUGOSIDAD O REGULARIDAD SUPERFICIAL	46
1.1.1.1 Antecedentes	46
1.1.1.2 Definición de Regularidad Superficial	47
1.1.1.3 Definición de IRI	47
1.1.1.4 Equipo de medición	48
1.1.1.5 Escala y Características del IRI	48
1.1.2 INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	50
1.1.2.1 Introducción	50
1.1.2.2 Índice de Condición del Pavimento	50
1.1.2.3 Daños en Vías con Superficie de Concreto Asfáltico	51
1.1.2.3.1 Piel de Cocodrilo	51
1.1.2.3.2 Exudación	52
1.1.2.3.3 Agrietamiento en Bloque	53
1.1.2.3.4 Abultamientos (Bumps) y Hundimientos (Sags)	53
1.1.2.3.5 Corrugación	54
1.1.2.3.6 Depresión	54
1.1.2.3.7 Grieta de Borde	55
1.1.2.3.8 Grieta de Reflexión de Junta (de Losas de Concreto de Cemento Pórtland)	55
1.1.2.3.9 Desnivel Carril / Berma	56
1.1.2.3.10 Grietas Longitudinales y Transversales (no son de Reflexión de Losas de Concreto de Cemento Pórtland).	56
1.1.2.3.11 Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos	57
1.1.2.3.12 Pulimento de Agregados	57
1.1.2.3.13 Huecos	58
1.1.2.3.14 Cruce de Vía Férrea	58
1.1.2.3.15 Ahuellamiento	59
1.1.2.3.16 Desplazamiento	59
1.1.2.3.17 Grietas Parabólicas (Slippage)	60
1.1.2.3.18 Hinchamiento	60
1.1.2.3.19 Meteorización / Desprendimiento de Agregados	61

1.1.3 RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO	61
1.1.3.1 Introducción	61
1.1.3.2 Conceptos Fundamentales de la Resistencia al Deslizamiento	62
1.1.3.2.1 Coeficiente de fricción longitudinal	62
1.1.3.2.2 Coeficiente de fricción transversal	63
1.1.3.3 Caracterización de la Superficie	63
1.2 ELEMENTOS ESTRUCTURALES	64
1.2.1 DEFLEXIÓN MÁXIMA	64
1.2.1.1 Concepto y Medida de la Deflexión	64
1.2.2 SURCO DE HUELLA O AHUELLAMIENTO	65
1.2.2.1 Métodos de evaluación	66
2 . ESTRUCTURAS DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS VIALES	66
2.1 PUENTES	66
2.2 ALCANTARILLAS	67
2.3 CUNETAS	67
2.4 FILTROS Y SUBDRENES	67
2.5 ENCAUZAMIENTOS	68
2.6 OTRAS OBRAS DE DRENAJE	68
2.6.1 BOMBEO	68
2.6.2 ZANJAS DE CORONACIÓN	68
2.6.3 CANALES	68
2.7 BORDILLOS	69
2.8 MUROS DE CONTENCIÓN	70
2.8.1 TIPOS DE MUROS DE CONTENCIÓN	70
2.8.1.1 Muros de Gravedad	70
2.8.1.2 Muros ménsula	70
2.8.1.3 Muros de contrafuertes	70
2.8.1.4 Muros de bandejas	70
2.8.1.5 Muros cribas y otros muros prefabricados	71
3 . ZONAS LATERALES	71
3.1 TALUDES	71
3.2 ESPALDONES	71
3.3 DERECHO DE VÍA	72
4 . SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL	72
4.1 SEÑALIZACIÓN VIAL	72
4.1.1 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	74
4.1.1.1 Retroreflexión	74
4.1.1.2 Clasificación	75
4.1.1.2.1 Líneas Longitudinales	75
4.1.1.2.2 Líneas transversales	76
4.1.1.2.3 Símbolos y leyendas	76
4.1.1.2.4 Otras señalizaciones	76
4.2 SEÑALIZACIÓN VERTICAL	77
4.2.1 Señales de Tránsito	78
4.2.1.1 Disposiciones Específicas	78
4.2.1.2 Autoridad para instalación	78
4.2.1.3 Clasificación de señales	78
4.2.1.4 Uniformidad de aplicación	78
4.2.1.5 Uniformidad de diseño	79
4.2.1.6 Uniformidad de ubicación	81
4.2.1.7 Retroreflectividad e iluminación	81

4.2.2	Defensas Metálicas	81
4.2.2.1	Guías para la Instalación de Defensas Metálicas	82
4.2.3	Postes de Referencia o de Kilometraje	82
4.2.3.1	Distancias	82
4.3	SEGURIDAD VIAL	83
4.3.1	FACTORES QUE INFLUYEN EN LOS ACCIDENTES	84
4.3.1.1	Factor humano	84
4.3.1.2	Factor máquina	84
4.3.1.3	Factor vía	85
CAPITULO IV		
METODOLOGÍA PARA CALIFICAR EL ESTADO FÍSICO DE UNA CARRETERA PAVIMENTADA		87
1	INTRODUCCIÓN	87
1.1	CONDICIONES GENERALES	87
1.2	CONDICIONES PARTICULARES	87
2	ELEMENTOS DE UNA CARRETERA PAVIMENTADA Y SUS FACTORES DE INFLUENCIA	88
3	METODOLOGÍA DE CALCULO	91
3.1	METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA CALZADA	92
3.1.1	ELEMENTOS FUNCIONALES	92
3.1.1.1	Rugosidad	92
3.1.1.2	Índice de Condición del Pavimento	93
3.1.1.3	Resistencia al Deslizamiento	93
3.1.2	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	94
3.2	METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS VIALES	96
3.2.1	PUENTES	97
3.2.2	ALCANTARILLAS DE CAJÓN	98
3.2.3	ALCANTARILLAS	99
3.2.4	CUNETAS	99
3.2.5	FILTROS O SUBDRENES	100
3.2.6	ENCAUZAMIENTOS DE ENTRADA Y SALIDA	100
3.2.7	OBRAS DE DRENAJE REVESTIDAS	101
3.2.8	BORDILLOS	101
3.2.9	MUROS DE CONTENCIÓN	101
3.3	METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE ZONAS LATERALES	102
3.3.1	TALUDES	102
3.3.2	CONDICIÓN DE ESPALDONES	102
3.3.3	CONDICIONES DE DERECHO DE VÍA	102
3.3.3.1	VEGETACIÓN	103
3.3.3.2	VEGETACIÓN EN EL RESTO DEL DERECHO DE VÍA	103
3.3.3.3	UTILIZACIÓN DEL DERECHO DE VÍA	103
3.3.3.4	PELIGROS AL TRÁFICO	103
3.3.3.5	CERCAS	104
3.4	METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN Y LA SEGURIDAD VIAL	104
3.4.1	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	105
3.4.2	SEÑALIZACIÓN VERTICAL	105
3.5	GUÍAS PARA CALIFICAR LOS ELEMENTOS DE UNA CARRETERA PAVIMENTADA	107
3.6	METODOLOGÍA GENERAL	111

CAPITULO V	
PROYECTO	113
1 . RECOLECCIÓN DE DATOS	113
1.1 DATOS IN-SITU	113
1.1.1 CONDICIÓN DE LA CALZADA	113
1.1.1.1 Elementos Funcionales	113
1.1.1.1.1 Rugosidad (IRI)	113
1.1.1.1.2 Índice de Condición del Pavimento	117
1.1.1.1.3 Resistencia al Deslizamiento	125
1.1.1.2 Elementos Estructurales	130
1.1.1.2.1 Deflexión Máxima	130
1.1.2 ESTRUCTURAS DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS VIALES	132
1.1.2.1 Puentes	133
1.1.2.2 Alcantarillas de Cajón	138
1.1.2.3 Alcantarillas	139
1.1.2.4 Cunetas	143
1.1.2.5 Filtros y subdrenes	144
1.1.2.6 Encauzamientos	145
1.1.2.7 Otras Obras de Drenaje Revestidas	146
1.1.2.8 Bordillos	147
1.1.2.9 Muros de contención	148
1.1.3 ZONAS LATERALES	150
1.1.3.1 Taludes	150
1.1.3.2 Espaldones	151
1.1.3.3 Derecho de Vía	153
1.1.3.3.1 Vegetación en 5 metros	153
1.1.3.3.2 Vegetación en el resto del Derecho de Vía	154
1.1.3.3.3 Utilización indebida	155
1.1.3.3.4 Peligros al tráfico	155
1.1.3.3.5 Cercas	156
1.1.4 SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL	156
1.1.4.1 Señalización Horizontal	156
1.1.4.1.1 Señalización Central y Lateral	156
1.1.4.2 Señalización Vertical	157
1.1.4.2.1 Señalización Vertical	157
1.1.4.2.2 Defensas Metálicas	158
1.1.4.2.3 Postes de Referencia	159
1.1.4.3 Señalización Especial	160
1.2 DATOS DE INFORMES PRELIMINARES	161
2 . CÁLCULO DE RESULTADOS	162
2.1 TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)	162
2.2 CONDICIÓN DE LA CALZADA	163
2.2.1 ELEMENTOS FUNCIONALES	163
2.2.1.1 Rugosidad (IRI)	163
2.2.1.2 Índice de Condición del Pavimento (PCI)	164
2.2.1.3 Resistencia al Deslizamiento	167
2.2.2 ELEMENTOS ESTRUCTURALES	171
2.2.2.1 Deflexión Máxima	171

2.3 ESTRUCTURAS DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS VIALES	175
2.3.1 PUENTES	175
2.3.2 ALCANTARILLAS DE CAJÓN	176
2.3.3 ALCANTARILLAS	176
2.3.4 CUNETAS	178
2.3.5 FILTROS Y SUBDRENES	179
2.3.6 ENCAUZAMIENTOS	179
2.3.7 OTRAS OBRAS DE DRENAJE	180
2.3.8 BORDILLOS	180
2.3.9 MUROS DE CONTENCIÓN	181
2.4 ZONAS LATERALES	181
2.4.1 TALUDES	181
2.4.2 ESPALDONES	182
2.4.3 DERECHO DE VÍA	183
2.4.3.1 Vegetación en 5 metros	183
2.4.3.2 Vegetación en el resto del Derecho de Vía	183
2.4.3.3 Utilización indebida	184
2.4.3.4 Peligros al tráfico	184
2.4.3.5 Cercas	184
2.5 SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL	185
2.5.1 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	185
2.5.1.1 Señalización Central	185
2.5.1.2 Señalización Lateral	185
2.5.2 SEÑALIZACIÓN VERTICAL	185
2.5.2.1 Señalización Vertical	186
2.5.2.2 Defensas Metálicas	186
2.5.2.3 Postes de Referencia	186
2.5.3 SEÑALIZACIÓN ESPECIAL	186
2.6 CUADRO DE RECOPIACION DE LAS CALIFICACIONES DE LOS ELEMENTOS Y SUB-ELEMENTOS	187
2.7 CUADRO DE RECOPIACION DE LAS CALIFICACIONES DE LOS ASPECTOS DE LA CARRETERA Y OBTENCIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO DE LA AUTOPISTA GENERAL RUMIÑAHUI	189
CONCLUSIONES Y REOMENDACIONES	190
CONCLUSIONES	190
RECOMENDACIONES	197

LISTA DE CUADROS		
	TITULO	PAG.
CUADRO 1	RANGOS ACEPTABLES DE LOS ASPECTOS DE LA CARRETERA	7
CUADRO 2	CALIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL ELEMENTO	7
CUADRO 3	NIVELES ACEPTABLES DE SERVICIO	8
CUADRO 4	FASES DEL DESARROLLO DEL PROYECTO	12
CUADRO 5	FACTORES QUE AFECTAN AL CONDUCTOR	13
CUADRO 6	DIMENSIONES MÁXIMAS AUTORIZADAS DE GÁLIBOS	21
CUADRO 7	CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES URBANAS E INTERURBANAS	24
CUADRO 8	ESCALA DEL INDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD	48
CUADRO 9	RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	51
CUADRO 10	VALORES DE INFLUENCIA DE ASPECTOS, ELEMENTOS Y SUB-ELEMENTOS	89
CUADRO 11	CALIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL ELEMENTO	91
CUADRO 12	RANGOS ACEPTABLES DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL ASPECTO CALZADA	95
CUADRO 13	CALIFICACIÓN DE PUENTES	97
CUADRO 14	CALIFICACIÓN DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN	98
CUADRO 15	CALIFICACIÓN DE ALCANTARILLAS	99
CUADRO 16	CALIFICACIÓN DE CUNETAS	100
CUADRO 17	CALIFICACIÓN DE FILTROS O SUBDRENE	100
CUADRO 18	CALIFICACIÓN DE ENCAUZAMIENTOS	100
CUADRO 19	CALIFICACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE REVESTIDAS	101
CUADRO 20	CALIFICACIÓN DE BORDILLOS	101
CUADRO 21	CALIFICACIÓN DE PELIGROS AL TRÁFICO	103
CUADRO 22	GUÍAS PARA LA CALIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DE LA CALZADA	107
CUADRO 23	GUÍAS PARA LA CALIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS VIALES	108
CUADRO 24	GUÍAS PARA LA CALIFICACIÓN DE LAS ZONAS LATERALES	109
CUADRO 25	GUÍAS PARA LA CALIFICACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN	110
CUADRO 26	HOJA DE DATOS PARA EL PCI	118
CUADRO 27	UNIDADES MÍNIMAS DE MUESTREO, TRAMO 0+000 – 3+910	120
CUADRO 28	UNIDADES MÍNIMAS DE MUESTREO, TRAMO 3+910 - 11+710	120
CUADRO 29	COEFICIENTES DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO OBTENIDOS MEDIANTE EL PENDULO TRRL	128
CUADRO 30	EVALUACIÓN DEL PUENTE DE GUANGOPOL DE LA AGR	137
CUADRO 31	EVALUACIÓN DE LAS ALCANTARILLAS DE CAJÓN DE LA AGR	138
CUADRO 32	CARACTERÍSTICAS DE LAS ALCANTARILLAS DE LA AGR	139
CUADRO 33	EVALUACIÓN DE LAS ALCANTARILLAS DE LA AGR	141
CUADRO 34	EVALUACIÓN DE LAS CUNETAS DE LA AGR	144
CUADRO 35	EVALUACIÓN DE LOS SUBDRENE DE LA AGR	145
CUADRO 36	EVALUACIÓN DE LOS ENCAUZAMIENTOS DE LA AGR	146
CUADRO 37	EVALUACIÓN DEL BOMBEO DE LA AGR	147
CUADRO 38	EVALUACIÓN DE LOS BORDILLOS DE LA AGR	148
CUADRO 39	EVALUACIÓN DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN DE LA AGR	149
CUADRO 40	EVALUACIÓN DE LOS TALUDES DE LA AGR	151
CUADRO 41	EVALUACIÓN DE LOS ESPALDONES DE LA AGR	152
CUADRO 42	TRÁFICO MENSUAL DE LA AGR POR SENTIDOS DE AGOSTO DEL 2008	161
CUADRO 43	TRÁFICO MENSUAL 2008 DE LA AGR, SENTIDO QUITO – VALLE	162
CUADRO 44	TRÁFICO MENSUAL 2008 DE LA AGR, SENTIDO VALLE - QUITO	162
CUADRO 45	RESUMEN DEL IRI POR CARRIL EN LA AGR	163
CUADRO 46	CALIFICACIÓN DEL IRI POR CARRIL EN LA AGR	164
CUADRO 47	RESUMEN DEL PCI POR CARRIL EN LA AGR	166
CUADRO 48	CALIFICACIÓN DEL PCI POR CARRIL EN LA AGR	167

CUADRO 49	COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO POR ABCISA	168
CUADRO 50	RESUMEN DE LAS DEFLEXIONES REPRESENTATIVAS POR CARRIL	172
CUADRO 51	DEFLEXION REPRESENTATIVA DE LA AGR	173
CUADRO 52	NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES EAL EN EL AÑO 2008 EN LA AGR	174
CUADRO 53	FACTOR DE CRECIMIENTO Y PERÍODO DE DISEÑO	175
CUADRO 54	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO PUENTE	175
CUADRO 55	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO ALCANTARILLA DE CAJÓN	176
CUADRO 56	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO ALCANTARILLA	176
CUADRO 57	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO CUNETAS	178
CUADRO 58	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO FILTROS Y SUBDRENEOS	179
CUADRO 59	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO ENCAUZAMIENTO	179
CUADRO 60	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO BOMBEO	180
CUADRO 61	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO BORDILLO	180
CUADRO 62	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO MUROS DE CONTENCIÓN	181
CUADRO 63	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO TALUDES	181
CUADRO 64	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO ESPALDONES	183
CUADRO 65	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO VEGETACIÓN EN 5 METROS	183
CUADRO 66	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO VEGETACIÓN EN EL RESTO DEL DERECHO DE VÍA	183
CUADRO 67	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO UTILIZACIÓN INDEBIDA	184
CUADRO 68	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO PELIGROS AL TRÁFICO	184
CUADRO 69	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO CERCAS	184
CUADRO 70	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL CENTRAL	185
CUADRO 71	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL LATERAL	185
CUADRO 72	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO SEÑALIZACIÓN VERTICAL	186
CUADRO 73	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO DEFENSAS METÁLICAS	186
CUADRO 74	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO POSTES DE REFERENCIA	186
CUADRO 75	CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO SEÑALIZACIÓN ESPECIAL	186
CUADRO 76	RESUMEN DE LAS CALIFICACIONES DE LA CONDICIÓN DE LA CALZADA DE LA AGR	187
CUADRO 77	RESUMEN DE LAS CALIFICACIONES DE LAS ESTRUCTURAS DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS VIALES DE LA AGR	187
CUADRO 78	RESUMEN DE LAS CALIFICACIONES DE LAS ZONAS LATERALES DE LA AGR	188
CUADRO 79	RESUMEN DE LAS CALIFICACIONES DE LA SEÑALIZACIÓN DE LA AGR	188
CUADRO 80	RESUMEN DE LAS CALIFICACIONES DE LOS ASPECTOS DE LA CARRETERA, NIVEL DE SERVICIO DE LA AGR	189
CUADRO 81	COMPARACIÓN ENTRE LA CALIFICACIÓN OBTENIDA CON LOS RANGOS DE LOS ASPECTOS DE LA AGR	190

LISTA DE GRÁFICOS		
	TITULO	PAG.
FIGURA 1	Distribución de los carriles en la AGR	9
FIGURA 2	Paso cebra y semáforos	22
FIGURA 3	Representación esquemática de desmonte y terraplén	27
FIGURA 4	Estructura de los firmes más empleados	28
FIGURA 5	Diversos aspectos de obras de fábrica relativas a carreteras	29
FIGURA 6	Clases de sección transversal	30
FIGURA 7	Elementos que conforman la vía	31
FIGURA 8	Carriles de aceleración y deceleración	32
FIGURA 9	Sección transversal tipo de una vía urbana	40
FIGURA 10	Escala de valores del IRI y las características de los pavimentos	49
FIGURA 11	Grafica típica del avance del deterioro de un camino respecto al tiempo	50
FIGURA 12	Piel de Cocodrilo	52
FIGURA 13	Exudación	52
FIGURA 14	Agrietamiento en bloque	53
FIGURA 15	Abultamientos y Hundimientos	54
FIGURA 16	Corrugación	54
FIGURA 17	Depresión	55
FIGURA 18	Grieta de Borde	55
FIGURA 19	Grieta de Reflexión de Junta	56
FIGURA 20	Desnivel Carril/Berma	56
FIGURA 21	Grietas Longitudinales y Transversales	57
FIGURA 22	Parcheo	57
FIGURA 23	Pulimento de Agregados	58
FIGURA 24	Huecos	58
FIGURA 25	Cruce de Vía Férrea	59
FIGURA 26	Ahuellamiento	59
FIGURA 27	Desplazamiento	60
FIGURA 28	Grietas Parabólicas	60
FIGURA 29	Hinchamiento	61
FIGURA 30	Desprendimiento de Agregados	61
FIGURA 31	Diferencia entre Macrotextura y Microtextura	63
FIGURA 32	Ángulos de iluminación y observación	75
FIGURA 33	Típico riel de Defensa Metálica	82
FIGURA 34	Calificación de la Rugosidad	93
FIGURA 35	Calificación del Índice de Condición del Pavimento	93
FIGURA 36	Calificación de la Resistencia al Deslizamiento	94
FIGURA 37	Deflexión Aceptable en función del TPDA	95
FIGURA 38	Calificación de la Condición de Espaldones	102
FIGURA 39	Calificación de la Señalización Horizontal	105
FIGURA 40	Calificación de la Señalización Vertical	106

FIGURA 41	Perfilómetro Láser	114
FIGURA 42	Esquema del Perfilómetro Láser	115
FIGURA 43	IRI, Carril 1	115
FIGURA 44	IRI, Carril 2	116
FIGURA 45	IRI, Carril 3	116
FIGURA 46	IRI, Carril 4	116
FIGURA 47	IRI, Carril 5	117
FIGURA 48	IRI, Carril 6	117
FIGURA 49	IRI, Carril 7	117
FIGURA 50	Desnivel en Junta Longitudinal, CARRIL 1 - 2	121
FIGURA 51	Desprendimiento de agregados, CARRIL 1 - 2	122
FIGURA 52	Grietas Longitudinales y Transversales, CARRIL 3 – 4	123
FIGURA 53	Desprendimiento de agregados, CARRIL 3 – 4	123
FIGURA 54	Grietas Parabólicas, CARRIL 3 – 4	124
FIGURA 55	Diferente tipo de agregado en la calzada, CARRIL 5 – 6 - 7	124
FIGURA 56	Corrimiento, CARRIL 5 – 6 – 7	125
FIGURA 57	Esquema de carga y medición de la deflexión con el FWD	132
FIGURA 58	Puente de Alma Lojana	134
FIGURA 59	Puente de la Avenida Simón Bolívar	134
FIGURA 60	Puente de Guangopolo	135
FIGURA 61	Puente de Conocoto	136
FIGURA 62	Puente del Ferrocarril	136
FIGURA 63	Puente Peatonal	137
FIGURA 64	Alcantarillas de la AGR	141
FIGURA 65	Cunetas de la AGR	144
FIGURA 66	Encauzamiento de la AGR	146
FIGURA 67	Bordillos de la AGR	147
FIGURA 68	Muros de Contención de la AGR	149
FIGURA 69	Taludes de la AGR	150
FIGURA 70	Espaldón de la AGR	152
FIGURA 71	Derecho de Vía en la AGR	153
FIGURA 72	Vegetación en la AGR	154
FIGURA 73	Vegetación en la AGR	154
FIGURA 74	Utilización Indebida en la AGR	155
FIGURA 75	Modelo de Señalización Horizontal en la AGR	157
FIGURA 76	Señalización Vertical en la AGR	158
FIGURA 77	Defensas Metálicas en la AGR	159
FIGURA 78	Postes de Referencia en la AGR	160
FIGURA 79	Tableros Informativos en la AGR	161
FIGURA 80	Corrección de CRD O VRD por temperatura	168
FIGURA 81	Curvas de ajuste por temperatura	172
FIGURA 82	Gráfica para determinar la deflexión admisible	175

CAPITULO I

MARCO DE REFERENCIA

1. TEMA

Evaluación del Nivel de Servicio de la Autopista General Rumiñahui.

2. JUSTIFICACIÓN

La Autopista General Rumiñahui (AGR) debe garantizar al usuario adecuados niveles de servicio y seguridad vial, para lo cual el H. Consejo Provincial de Pichincha, actual administrador de la AGR y su peaje, deberá realizar tareas destinadas a mantener en funcionamiento todos los elementos de la Autopista, a efectos de cumplir con los Niveles Aceptables de Servicio. Además, la corporación deberá proveer en forma complementaria servicios tales como: baterías sanitarias, lugares para expendio de alimentos, áreas de parqueo y descanso, servicios de auxilio médico comunitario y atención de emergencia y ayuda mecánica y servicio de grúa, en colaboración con personas o entidades de socorro y en coordinación con la central de monitoreo de ayuda comunitaria (CMAC), a fin de atender de manera oportuna y eficiente los siniestros.

Siendo todo esto, un requisito contractual para la autorización del cobro de una tarifa o tasa, en este caso del peaje, a razón de las inversiones efectuadas para el mantenimiento y la rehabilitación de la Autopista.

Debido a lo anteriormente señalado, el proyecto a realizarse, será la evaluación del nivel de servicio de la Autopista General Rumiñahui. Este trabajo servirá para detectar a tiempo cualquier tipo de falla y permitir la intervención oportuna de la Corporación en la realización de actividades de mantenimiento tanto periódico como rutinario y aplicación de políticas correctivas. Esto con el objetivo principal de minimizar la pérdida de capital invertido mediante la protección física de la estructura básica, la superficie de la vía, y sus obras anexas. Además, se busca garantizar al usuario los ahorros en costos de operación y tiempo de viaje estimados, mostrando el beneficio directo en ellos y también del Estado.

Es viable realizar el presente estudio de evaluación, en virtud de que se cuenta con tiempo suficiente, recursos mínimos necesarios, el presupuesto requerido, autorización

de la Corporación, universo accesible, y además se tiene bibliografía suficiente acerca del tema a investigar.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el año 2008, el crecimiento poblacional proyectado del Ecuador, es de 1,47%¹, siendo una de las ciudades con mas alto crecimiento la de Quito, llegando a porcentajes cercanos al 1,39%², si ha esto le sumamos el incremento de migración a la capital, el acelerado crecimiento automotor, la contaminación, la congestión vehicular y la saturación en soluciones habitacionales; esto ha dado lugar a que la gente encuentre en los valles aledaños un lugar tranquilo, seguro, cercano, con todos los servicio y confortable para establecer su lugar de residencia familiar, como es el caso del Valle de los Chillos.

Una de las principales arterías que conecta a la ciudad de Quito con el Valle de los Chillos es la Autopista General Rumiñahui. Dicha Autopista tiene una longitud total de 11,71 km. Sus extremos son: al occidente, el Trébol y al oriente, el puente de San Pedro, cuenta con cuatro carriles para el sentido Quito – Valle y tres carriles para el otro sentido.

La AGR diariamente sirve de traslado de personas a sus trabajos, universidades, colegios, hogares, etc. Estas labores diarias llevan a casi el 80% de habitantes del Valle de los Chillos a usar esta Autopista, generando un deterioro de esta arteria.

Es atribución del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) o la entidad que por delegación sea la encargada de administrar la vía, en caso de que la vía fuese concesionada, el efectuar controles de los niveles de servicio durante la etapa de explotación de la vía, con el propósito de que se mantengan por sobre el nivel aceptable, es decir, con características óptimas que deben conservarse en todos y cada uno de los elementos que conforman la carretera; pero en el caso de la AGR, el encargado es el H. Consejo Provincial de Pichincha.

Gozando con la Autorización de la Institución, se realizará la evaluación del nivel actual de servicio de la Autopista, el cual se ejecutará en toda su longitud y en todos los carriles, para calificar el estado físico de la vía y de sus obras aledañas, como obras de drenaje, zonas laterales, señalización, entre otros.

¹ Proyecciones de Población 2001-2010, INEC

² Proyecciones de Población 2001-2010, INEC

Actualmente se han concesionado muchas carreteras del país, por esto el MTOP efectuó un estudio para elaborar un Documento Técnico específico para la Concesión de Carreteras en 1996. La concesión tiene por objeto la administración de los bienes del dominio público y que pertenecen al Gobierno; mediante el uso, aprovechamiento, explotación, uso de la infraestructura e instalaciones, la construcción de obras y mantenimiento de las mismas. Sin embargo, la AGR no está concesionada, mas bien está administrada directamente por el Honorable Consejo Provincial de Pichincha (HCPP), entidad del estado que se encarga de la construcción, mantenciones y reparaciones de la vía. No obstante, todas las vías del país deben satisfacer las necesidades del usuario, sean estas concesionadas o de administración directa, es por esto que se elaborará el trabajo en base al Documento Técnico para la Concesión de Carreteras del MTOP, además de bibliografía, proyectos similares en otras carreteras, y documentos e informes que el H. Consejo Provincial de Pichincha, con su departamento encargado, la Dirección de Vialidad y Concesiones, la Subdirección de Vialidad, la Subdirección de Concesiones y la Administración de la Autopista, puedan facilitar para el desarrollo del proyecto y así evaluar a la autopista para mantenerla dentro de los rangos aceptables de serviciabilidad.

El proyecto servirá de base para que la Corporación Provincial ejecute de manera planificada los trabajos de mantenimiento o reparación que tanto la calzada como las obras complementarias requieran, con la intención de generar un beneficio directo para los usuarios de la AGR, de forma generalizada, la disminución de los costos generalizados por viaje, es decir, ahorro de costo de operación de los vehículos, ahorro de tiempo de las personas y de la carga, ahorro en costos por accidentes y menor contaminación.

4. ALCANCE

El alcance de la disertación culminará con la determinación del nivel de servicio de la Autopista General Rumiñahui mediante la evaluación de todos los parámetros necesarios para obtener dicho nivel. La evaluación de la AGR se realizará en toda su longitud (11,71 km.), desde el intercambiador de El Trébol hasta el puente sobre el Río San Pedro, y en todos sus carriles como se indica en el universo o muestra del PROCEDIMIENTO – MARCO TEÓRICO.

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO PRINCIPAL

Evaluar el nivel de servicio de la Autopista General Rumiñahui.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar y calificar la condición de la calzada de la AGR.
- Evaluar y calificar las estructuras de drenaje y estructuras viales de la AGR.
- Evaluar y calificar las zonas laterales de la AGR.
- Evaluar y calificar la señalización horizontal y vertical de la AGR.
- Verificar si la AGR cumple con los niveles aceptables de servicio que exige el Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

6. HIPÓTESIS

- La Condición de la Calzada de la Autopista General Rumiñahui cumple con los niveles aceptables de servicio.
- Las Estructura de Drenaje y Estructuras Viales de la Autopista General Rumiñahui cumplen con los niveles aceptables de servicio.
- Las Zonas Laterales de la Autopista General Rumiñahui cumplen con los niveles aceptables de servicio.
- La Señalización y Seguridad Vial de la Autopista General Rumiñahui cumple con los niveles aceptables de servicio.
- El Nivel de Servicio de la AGR cumple con los niveles aceptables de servicio que el Documento Técnico del Ministerio de Transporte y Obras Públicas exigen.

7. OPERACIONALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

7.1. VARIABLES

- Condición de la Calzada de la AGR

- Estructuras de Drenaje y Estructuras Viales de la AGR
- Zonas Laterales de la AGR
- Señalización y Seguridad Vial de la AGR
- Nivel de Servicio de la AGR

7.2. INDICADORES

Para calificar una carretera pavimentada se considera la condición de los elementos constructivos, agrupados en los siguientes aspectos:

CUADRO 1

RANGOS ACEPTABLES DE LOS ASPECTOS DE LA CARRETERA

TPDA (veh/día)	> 5000	3000 - 5000	< 3000 *
Estado de la Calzada	> 4,0	3,0 - 4,0	3,0 - 4,0
Estructuras Viales y de Drenaje	> 4,0	> 4,0	> 4,0
Zonas Laterales	> 4,0	> 4,0	3,0 - 4,0
Señalización	> 4,0	> 4,0	3,0 - 4,0

Fuente: DOCUMENTO TÉCNICO MOP

A su vez, los aspectos de la Carretera se dividen en elementos y sub-elementos, teniendo cada uno de estos valores de influencia, o factores de influencia. El sentido de dar diferente importancia o peso a los aspectos y elementos, a través de los valores de influencia, es el de reflejar su importancia dentro de la calificación de acuerdo a los respectivos ensayos en el caso de la calzada o a la percepción del usuario. Se usará una escala que va de cero (condición mala) a cinco (condición muy buena) y con una aproximación de un decimal, como se ve en la siguiente tabla:

CUADRO 2

CALIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL ELEMENTO

Condición del Elemento	Rango de Calificación
Muy Buena	5.0 – 4.0

Buena	4.0 – 3.0
Regular	3.0 – 2.0
Mala	2.0 – 0.0

Fuente: DOCUMENTO TÉCNICO MOP

En la siguiente tabla se muestran los niveles mínimos, en función del tráfico promedio diario anual (TPDA), que la administración debe alcanzar en la vía a su cargo para poder obtener la autorización de cobro de peaje.

CUADRO 3

NIVELES ACEPTABLES DE SERVICIO

TPDA	Calificación
> 5000	> 4.5
3000 – 5000	4.0 - 4.5
< 3000 *	3.5 - 4.0

Fuente: DOCUMENTO TÉCNICO MOP

8. PROCEDIMIENTO – MARCO TEÓRICO

8.1. METODOLOGÍA

La modalidad de disertación es teórica aplicada, es decir que se empleará conocimientos de la ingeniería civil, en este caso de pavimentos y tráfico, para calcular un valor de nivel de servicio y comprobar que este se encuentre en un rango aceptable para el uso adecuado de la Autopista.

Se realizará el proyecto en el campo, es decir, para la obtención de datos se realizarán ensayos técnicos y visuales en la Autopista. Y por su alcance será una disertación descriptiva, para definir el estado actual de la vía.

8.2. TÉCNICAS

La técnica que se usará para el desarrollo del proyecto será la observación estructurada de campo, es decir, en la vía, con instrumentos necesarios para la recolección de datos. Estos instrumentos realizarán mediciones en cada sección definida para calificar las condiciones actuales de la calzada. Se realizará una serie de ensayos, esto con lo referente a la calzada.

Además, para calificar otros aspectos de la vía simplemente se aplicará la observación no estructurada, es decir sin ayuda de implementos técnicos especiales. Para calificar las estructuras viales, de drenaje, zonas laterales y señalización presentes en determinado tramo, se debe tomar en cuenta los principales elementos constructivos de la estructura, los respectivos rangos de calificación y los valores relativos.

8.3. UNIVERSO O MUESTRA

La Autopista General Rumiñahui tiene una distancia de 11,71 km. de longitud. La vía consta de dos cuerpos principales:

- Desde el Intercambiador del Trébol (0+000) hasta la localización actual de la estación de peaje (3+950).
- Desde el Peaje hasta el puente sobre el río San Pedro (11+710).

El primero tiene 4 carriles, 1 por sentido, cada sentido de 9 metros de calzada (dos carriles), separados por un parterre de 6 metros de ancho en su mayor parte.

El segundo tiene 7 carriles divididos de la siguiente forma: Del peaje de la AGR al puente sobre el río San Pedro son 4 carriles, 2 carriles para tráfico pesado y entradas a poblaciones aledañas de 7,40 metros de calzada; y 2 carriles centrales para livianos con salida única al puente sobre el río San Pedro (Valle de los Chillos) de 7,50 metros de calzada. Y del río San Pedro al peaje son 3 carriles de 11 metros de calzada.

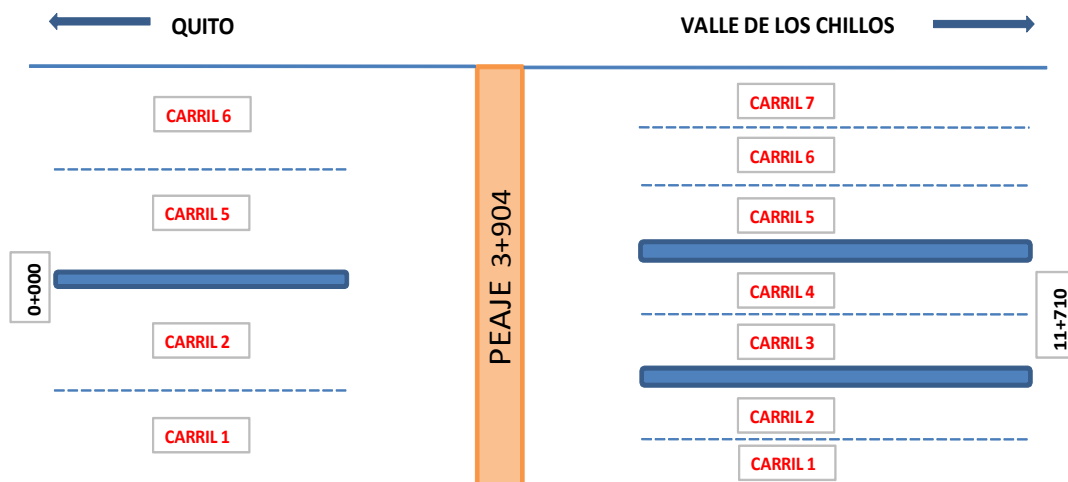


FIGURA 1 – Distribución de los carriles en la AGR.

CAPÍTULO II

LA CARRETERA

1. EL PROYECTO DE CARRETERA

El proyecto es el pilar fundamental sobre el que se asienta la realización de cualquier tipo de obra; es un compendio de toda la información necesaria para llevarla a buen término, donde se reflejan y establecen justificadamente todas sus características y dimensiones, se dan las precisas instrucciones para su construcción, indicándose además los materiales apropiados y valorándose todas y cada una de las unidades que la componen.

1.1. TIPOS DE PROYECTOS

Las actuaciones que pueden efectuarse sobre una determinada vía a efectos de proyecto son muy diversas, pudiendo desde definirla completamente hasta efectuar reformas en puntos muy determinados de la misma. Se puede distinguir entre los siguientes tipos de proyectos:

- a. Proyectos de nuevo trazado: Son aquellos cuya finalidad es la definición de una vía de comunicación no existente o la modificación funcional de una en servicio, con trazado independiente, que permita mantenerla con un nivel de servicio adecuado.
- b. Proyectos de duplicación de calzada: Su principal cometido es la transformación de una carretera de calzada única en otra de calzadas separadas. Esto se consigue mediante la construcción de una nueva calzada, generalmente muy cercana y paralela a la preexistente. Esta clase de proyectos suelen ir acompañados de modificaciones locales del trazado existente: supresión de cruces a nivel, reordenación de accesos y otras modificaciones necesarias para dotar a la carretera de una mayor funcionalidad.
- c. Proyectos de acondicionamiento: Este tipo de proyectos se redactan básicamente para efectuar modificaciones en las características geométricas de una vía existente, con actuaciones tendentes a acortar tiempos de recorrido, mejorar el nivel de servicio y reducir la accidentalidad de la misma.
- d. Proyectos de mejoras locales: Su propósito fundamental es la adecuación de determinados puntos de la vía que plantean problemas de funcionalidad, reduciendo

su nivel de servicio o de seguridad, en los llamados puntos negros. Para ello se actúa modificando las características geométricas de tramos y elementos aislados de la carretera.

1.2. FASES OPERATIVAS

La carretera, como vía proyectada y construida para la circulación de vehículos, no sólo deberá limitarse a resolver de forma efectiva el traslado de un punto a otro de la superficie terrestre, sino que deberá hacerlo asegurando las máximas condiciones de seguridad y comodidad a sus usuarios, así como integrándose en el paisaje por el que discurre y del que forma parte.

Para abordar la realización de cualquier proyecto de carretera en general deben plantearse tres fases operativas:

- Estudiar el problema que quiere resolverse, recopilando los datos necesarios.
- Plantear una serie de posibles soluciones al problema; generalmente existen y deben plantearse más de una.
- Realizar un análisis de cada una de ellas estableciendo su idoneidad, estudiando los problemas a corto y largo plazo que conllevaría el llevarla a cabo.

La primera de las fases operativas la constituyen los denominados estudios previos donde, en base a una serie de datos de carácter técnico y socioeconómico, se justifica la actuación, bien construyendo una nueva vía, mejorando una ya existente o acondicionando determinados puntos aislados de la misma.

Una vez recopilada la información necesaria, se plantean y analizan las posibles soluciones en base a distintos criterios y factores. Como síntesis de este proceso de análisis se obtiene el anteproyecto.

Habiendo estudiado las posibles alternativas, el siguiente paso es la elección justificada de la más favorable. En el proyecto de trazado se plasmará la solución finalmente adoptada. Por último, y como resultado de las anteriores fases operativas, se redacta el proyecto de construcción de la vía, donde se especifica cómo debe ser ejecutada dicha obra.

CUADRO 4

FASES DEL DESARROLLO DEL PROYECTO

Fase	Objetivos
ESTUDIOS PREVIOS	- Planificación viaria - Recopilación de datos - Información pública
ANTEPROYECTO	- Análisis de posibles trazados
PROYECTO DE TRAZADO	- Definición geométrica - Adelanta trámites administrativos
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN	- Documento contractual - Características de la obra y procedimientos constructivos - Valoración de las obras
PROY. MODIFICADOS	- Adaptar el proyecto a la realidad o a las circunstancias
P. COMPLEMENTARIOS	- Obras menores que complementan al proyecto original

Durante la ejecución de las obras, pueden surgir imprevistos que obliguen a modificar en mayor o menor medida parte de las características especificadas en el proyecto original, procediéndose entonces a redactar un proyecto modificado; si lo que se realizan son actuaciones adicionales de menor envergadura, convenientes aunque no indispensables, estaremos hablando del proyecto de obras complementarias.

2. LOS USUARIOS DE LA VÍA

Antes de abordar cualquier proyecto, es conveniente y muy recomendable recabar la máxima información acerca de sus destinatarios o usuarios finales para de esta forma adecuar aquello que se pretende diseñar a sus necesidades. Del ponderado estudio de los datos recopilados, así como de su posterior interpretación y síntesis, depende en gran medida la calidad de dicho proyecto.

El conductor es el elemento principal de un complejo sistema integrado por personas, vehículos y vías denominado tráfico; aunque éste sea el principal referente a la hora de concebir una carretera, no hemos de olvidar la importancia del vehículo, instrumento que actúa como intermediario entre conductor y vía, ni descuidar la interacción de un tercer componente tan sumamente frágil como es el peatón.

2.1. EL CONDUCTOR

Técnicamente, podría definirse como aquel sujeto que maneja el mecanismo de dirección o va al mando de un vehículo. Empleando términos más gráficos, podría decirse que el conductor es el cerebro del vehículo.

Una vez al volante de su automóvil, el conductor dispone de una gran libertad de acción que, aunque no absoluta, sí es muy grande. De él depende, una vez haya fijado su destino, la elección de uno u otro itinerario para llegar al mismo, así como la velocidad con que lo recorrerá en cada momento.

Esta elección, normalmente está influenciada por gran cantidad de factores, tanto externos como internos, que afectan tanto a la vía como al propio conductor y al vehículo que gobierna.

De cara al estudio del comportamiento del conductor, es necesario realizar una síntesis de estos factores, estableciendo una clasificación que figura en la siguiente tabla:

CUADRO 5
FACTORES QUE AFECTAN AL CONDUCTOR

FACTORES INTERNOS	Psicológicos	- Motivación - Experiencia - Personalidad - Estado de ánimo
	Físicos	- Vista - Adaptación lumínica - Altura del ojo - Otros sentidos
	Psicosomáticos	- Cansancio - Sexo - Edad
FACTORES EXTERNOS	Tiempo (meteorológico) Uso del suelo Tráfico Características de la vía Estado del firme	

2.1.1. FACTORES INTERNOS

La generalización del uso de vehículos particulares ha contribuido a la diversidad de personas; podemos encontrar al volante de un automóvil desde alegres universitarias de 18 años hasta apáticos jubilados de más de 70, lo que lógicamente deriva en un amplio abanico de actitudes ante la conducción, concretables en una serie de factores

permanentes o temporales, que provienen única y exclusivamente del conductor y que son consecuencia de sus rasgos psicológicos y de su condición física.

2.1.1.1. Factores psicológicos

En este apartado se engloban aquellos factores de tipo psicológico y anímico que afectan tanto al comportamiento como a la toma de decisiones del conductor. Tienen una difícil cuantificación dado su carácter abstracto, aunque no por ello son menos importantes. Los más significativos son:

- a. Motivación: El conductor cambia su actitud según sea el objeto o el motivo de su desplazamiento, de su urgencia y del tiempo de que disponga para realizarlo, eligiendo entonces el camino y la velocidad que estime oportuna. Así, una misma persona no conducirá de la misma forma cuando llegue tarde a una cita importante que cuando salga el fin de semana a dar un paseo.
- b. Experiencia: La práctica al volante proporciona al conductor una mayor capacidad de respuesta ante situaciones anteriormente sufridas, aunque también favorece la adquisición de malas costumbres difíciles de erradicar y que en ocasiones pueden resultar peligrosas. La experiencia es por tanto un arma de doble filo.
- c. Personalidad: Las actitudes o formas de ser propias de cada individuo y que generalmente permanecen invariables afectan a su forma de conducción. Este factor puede verse matizado por otros, como la edad y el sexo del conductor.
- d. Estado de ánimo: Los estados transitorios de ánimo pueden influir, generalmente de forma negativa, en la conducta y las reacciones del conductor. Se halla íntimamente ligado con la motivación.

2.1.1.2. Factores físicos

Este grupo de factores afectan al estado físico del conductor y a la variación del mismo con el paso del tiempo, siendo especialmente significativos los que se citan a continuación:

- a. Vista: Aunque todos los sentidos juegan un papel importante en la conducción, la vista es sin duda el sentido imprescindible para efectuarla sin peligro, ya que toda la información se obtiene por medios visuales. El campo visual de una persona normal abarca un ángulo aproximado de 170° en horizontal y 120° en vertical, aunque únicamente se tiene una visión clara en un cono de 10°, limitándose la máxima agudeza visual a los 3°.

Además, este campo disminuye proporcionalmente a medida que aumenta la velocidad, llegando a valores cercanos a los 5°, por lo que debe tenerse en cuenta, por ejemplo, a la hora de posicionar la señalización dentro de esta zona de visión nítida.

- b. Adaptación lumínica: A pesar de la gran capacidad de adaptación que posee el ojo humano a las diferentes condiciones de luminosidad, necesita un período relativamente largo de acomodación. Esta acomodación, que el ojo lleva a cabo mediante el iris, encargado de regular la abertura de la pupila, provoca en el conductor una momentánea ceguera y la consiguiente sensación de inseguridad. Se manifiesta especialmente en las entradas y salidas a los túneles, donde es conveniente la colocación de luminarias cuya intensidad varíe gradualmente para hacer más suave el cambio de luminosidad.
- c. Altura del ojo: La altura del punto de vista del conductor es un aspecto sumamente importante que debe tenerse siempre en cuenta tanto en los proyectos de trazado como en los de señalización, ya que este parámetro influye en la distancia de visibilidad que el conductor tiene sobre la vía. La Instrucción Española de Carreteras establece una altura de 1,20 m.
- d. Otros sentidos: El oído, el olfato y las sensaciones térmicas son sentidos que mantienen relacionado al conductor con su propio vehículo, ayudándole a detectar posibles anomalías. Además, se sabe con certeza que los sentidos están interrelacionados entre sí, pudiendo la sobreexcitación de uno de ellos afectar al rendimiento del resto de forma negativa.

2.1.1.3. Factores psicossomáticos

Dentro de este conjunto se incluyen elementos relacionados tanto con la mente como con el estado físico del individuo. Cabe resaltar los siguientes:

- a. Cansancio: Podría considerarse como un factor psicossomático, ya que afecta tanto al cuerpo como a la mente del conductor. Las vibraciones, el exceso de calor, la conducción durante largos períodos de tiempo sin descansar son causas directas del cansancio físico. Por otro lado, estas causas unidas a la sensación de monotonía provocan un cansancio mental, aún más peligroso que el físico, y que se traduce en lagunas de atención y en última instancia, en sueño.
- b. Sexo: Aunque el hecho diferenciador de este factor sea eminentemente físico, su influencia es de naturaleza psicológica. Estadísticamente se ha comprobado que

el comportamiento de la mujer al volante es menos arriesgado y más práctico que el del hombre, lo que hace que su estilo de conducción sea más seguro.

- c. Edad: Sin duda es un factor decisivo no por sí mismo, sino porque los factores anteriormente mencionados evolucionan con el paso del tiempo. Así, un conductor joven estará en plenitud de facultades físicas aunque carecerá de la experiencia de un conductor ya maduro y con una inferior condición física.

2.1.2. FACTORES EXTERNOS

Si importantes son las características físicas y psicológicas del conductor, también lo es el medio que lo rodea y en el que se desenvuelve. Los factores externos pueden forzar determinados comportamientos tanto del conductor como del propio vehículo. Merecen especial consideración los siguientes:

- a. El tiempo: El clima existente puede variar completamente el medio ambiente del automovilista. Así la nieve, la lluvia o la niebla modifican las condiciones de adherencia del vehículo, así como una disminución en mayor o menor grado de la visibilidad de la carretera. Como consecuencia de esta disminución del campo visual, el conductor adapta la velocidad a las condiciones del medio y aumentará la distancia de separación con el vehículo que le precede.
- b. El uso del suelo: Según sea el tipo de actividad a la que esté destinado el terreno por el que circula, el conductor adoptará una actitud distinta. Por ello, la forma de conducción en un núcleo urbano es radicalmente distinta a la empleada al circular por vías interurbanas.
- c. El tráfico: La intensidad, composición, velocidad y demás características del tráfico influyen sobre los propios conductores integrantes del mismo, creándose un círculo de acciones y reacciones mutuas dependientes en gran medida de los factores internos anteriormente descritos.
- d. Características de la vía: El trazado de la vía influye en el comportamiento del conductor; un diseño equilibrado, que evite la monotonía y respete las características geométricas mínimas exigibles a cada tipo de vía, facilitará la conducción y jugará un papel importante en la prevención de accidentes.
- e. Estado del firme: La calidad y grado de deterioro del firme pueden modificar notoriamente la forma de conducción. El mal estado del pavimento provoca constantes vibraciones en el vehículo y fuerzan un estado de mayor tensión en el conductor, lo que sin duda contribuirá a aumentar su cansancio. Por el contrario, un pavimento

en buen estado aumenta la calidad de la vía y consecuentemente de la conducción.

2.1.3. TIEMPO DE REACCIÓN

El tiempo de reacción es sin duda el factor más importante a tener en cuenta en el trazado de cualquier vía. Se halla ligado en mayor o menor medida a los descritos anteriormente, por lo que puede decirse que los engloba.

Ante la aparición de un obstáculo o de una situación inesperada durante la conducción, se producen una serie de sucesos que a continuación se describen:

- a. Presencia: Aparece el obstáculo sobre la vía.
- b. Percepción: Los rayos de luz rebotan sobre el objeto y llegan a la retina del conductor.
- c. Transmisión: La retina convierte y transmite los datos al lóbulo occipital cerebro a través del nervio óptico.
- d. Reconocimiento: El cerebro procesa los datos y reconoce el objeto.
- e. Decisión: A continuación, analiza las posibles alternativas ante la situación existente, en base a datos similares anteriormente almacenados, para finalmente tomar una decisión al respecto.
- f. Acción: Finalmente, el cerebro envía impulsos por medio de los nervios motores a los músculos implicados, que actúan ejecutando la maniobra correspondiente.

Todos estos acontecimientos suceden en un intervalo relativamente corto de tiempo denominado tiempo de reacción, y que puede definirse como el transcurrido desde que se presenta una determinada situación u obstáculo sobre la vía hasta que el conductor obra en consecuencia. El tiempo de reacción es el resultado de la suma de los tiempos de presencia, percepción, transmisión, reconocimiento, decisión y acción.

El tiempo de reacción humana oscila entre medio y un segundo, aunque factores como la edad, el cansancio o la ingestión de bebidas alcohólicas pueden hacer que incluso sobrepase los tres segundos.

Conviene llamar la atención sobre un equívoco muy frecuente: el conductor que tiene reacciones rápidas no tiene nada que ver con el que realiza maniobras bruscas, sino más bien al contrario; muchas veces, la reacción adecuada consiste en actuar con suavidad, graduando la amplitud o el esfuerzo de las maniobras.

Algunos autores incluyen el tiempo de reacción del vehículo, el transcurrido desde

que el conductor ejecuta la acción hasta que los mecanismos del vehículo la materializan, dentro del tiempo de reacción global. Este tiempo viene a ser de 0,25 segundos aproximadamente.

La Instrucción de Carreteras Española fija un valor constante para el tiempo de reacción 2 segundos, un valor conservador si se compara con el de otras normas europeas.

2.2. EL VEHÍCULO

El vehículo es el nexo entre el conductor que lo maneja y la vía que lo contiene, por lo que el estudio de sus características y comportamiento es fundamental. Los vehículos que se fabrican en la actualidad están destinados a muy distintos usos, por lo que sus características varían dentro de una amplia gama de formas, tamaños y pesos.

2.2.1. TIPOS DE VEHÍCULOS

Los vehículos se clasifican en cuatro grandes grupos: motocicletas, livianos, pesados y especiales, aunque únicamente dos de ellos, livianos y pesados, son significativos desde el punto de vista estadístico:

- a. Biciclos o motocicletas: Las motocicletas, ciclomotores y bicicletas conforman este grupo de vehículos caracterizado por sus reducidas dimensiones y gran movilidad. Su presencia en el tráfico no es excesivamente trascendente, aunque sí lo es su influencia en los accidentes.

Debido a su especial fragilidad y al hecho de estar impulsadas por tracción humana, las bicicletas precisan infraestructuras independientes (ciclo vía), aunque si éstas no existen circularán por las vías convencionales.

- b. Livianos o turismos: Pertenecen a este grupo los vehículos de cuatro ruedas destinados al transporte de entre una y nueve personas o de mercancías ligeras. También pueden englobarse dentro de este grupo los vehículos destinados al transporte y reparto de mercancías no muy voluminosas, como camionetas y pequeños furgones.

Este grupo es el más importante desde el punto de vista cuantitativo, ya que su participación en el tráfico es normalmente muy superior a la de los demás vehículos; por esta razón, sus características condicionan en gran medida los elementos relacionados con la geometría de la vía y la regulación del tráfico.

- c. Pesados o camiones: Constituyen una parte importante, aunque no mayoritaria, del tráfico. Las principales características que hacen que este grupo adquiera especial

importancia en el diseño de carreteras son su elevado peso y dimensiones, que se convierten en condiciones de borde para el cálculo de los elementos resistentes de la vía y condicionan los gálibos.

Conforman este grupo los camiones, con remolque, semirremolque o sin él, así como los autobuses y con menor importancia, los tranvías y trolebuses.

- d. Vehículos especiales: Son aquellos vehículos que, aun no encontrándose en proporciones significativas dentro del tráfico, sí lo condicionan debido a sus grandes dimensiones o a su lentitud de movimiento.

Pertenecen a este grupo los vehículos agrícolas, maquinaria de obra, carros, carretas y vehículos de similares características. Generalmente no son tenidos en cuenta en el diseño de vías públicas, salvo en determinadas zonas donde su presencia es más importante, como pueden ser los polígonos industriales.

En la Autopista General Rumiñahui la composición del tipo de vehículos es la siguiente:

- Motocicletas.
- Livianos, son los vehículos de 2 ejes. Son el 90.03% en el año 2008.
- Medianos, son los vehículos de 2 ejes, en el último eje cuatro llantas. Son el 9.4% en el año 2008.
- Pesados, son los vehículos de 3 ejes. Son el 0.23% en el año 2008.
- Extrapesados 4, son los vehículos de 4 ejes. Son el 0.03% en el año 2008.
- Extrapesados 5, son los vehículos de 5 ejes. Son el 0.26% en el año 2008.
- Extrapesados 6, son los vehículos de 6 ejes o más. Son el 0.05% en el año 2008.

Estos valores fueron calculados en base a los cuadros de tráfico de la Estación de Peaje. Las motocicletas no están contabilizadas ya que esta exentas del pago del peaje.

2.2.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Los vehículos están compuestos de materia, lo que los convierte en objetos que ocupan un espacio y son atraídos hacia el centro de nuestro planeta, ejerciendo una fuerza, llamada peso, contra la superficie que impide su avance.

Estos dos condicionantes anteriormente mencionados van a influir en el proyecto de las infraestructuras que van a soportar y por las que se van a desplazar los vehículos.

2.2.2.1. Dimensiones y condicionamiento de gálibos

La anchura de los carriles, la altura libre existente en las estructuras bajo las que pasa la vía, así como otras características geométricas de la misma, limitan las dimensiones de los vehículos. Recíprocamente, estas dimensiones imponen unas características mínimas a la vía.

La anchura máxima admisible para cualquier tipo de vehículo es de 2,55 m¹, mientras que su altura asciende a los 4 m. Estas dimensiones máximas –condicionadas por la categoría de vehículos pesados- son las que definen los distintos gálibos existentes en el trazado de carreteras.

La Instrucción de Carreteras española define un ancho estándar de 3,50 m. por carril; si éste fuera mayor, el vehículo circularía balanceándose transversalmente al ser sus límites demasiado amplios, mientras que si dicha dimensión se redujese, lo haría también la capacidad de dicho carril, así como las condiciones de seguridad con que circulan los vehículos.

Excepcionalmente se admiten carriles estrechos de 3 m. de anchura en carreteras de montaña, debido al gran movimiento de tierras que supone su construcción y el encarecimiento que esto conlleva.

También se halla reglamentada la mínima altura libre existente en una vía; concretamente, la Instrucción fija un valor mínimo de 5,50 m. bajo pórticos y banderolas de señalización, 5,30 m. en carreteras interurbanas y de 5,00 m. en vías urbanas y túneles, aunque es recomendable aumentar estos valores en 50 cm. para vitar posibles colisiones de la parte superior de los vehículos altos con la estructura de los pasos elevados, lo que puede provocar el colapso y desplome de éstos.

La tercera dimensión de un vehículo, su longitud, repercute en dos factores de proyecto importantes:

- La distancia de adelantamiento, ya que cuanto mayor longitud tenga el vehículo, más espacio empleará en efectuar adelantamientos, u otro vehículo en adelantarlo.
- El sobreancho o anchura adicional con que se dota a una curva para facilitar el giro de los vehículos.

¹ REGLAMENTO DE PESOS Y MEDIDAS DEL MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR.

En la siguiente tabla se hallan resumidas las dimensiones máximas autorizadas en España para las distintas categorías de vehículos. Cabe señalar la existencia de distintas longitudes condicionadas sin duda por el radio de giro de los distintos grupos de vehículos contemplados.

CUADRO 6
DIMENSIONES MÁXIMAS AUTORIZADAS SEGÚN EL MTOP

Anchura máxima, incluida la carga	2,55 m.
Altura máxima, incluida la carga	4,00 m.
Longitudes máximas, incluida la carga	
Vehículos rígidos de motor	12,00 m.
Remolques	12,00 m.
Autobuses rígidos	15,00 m.
Vehículos articulados	16,50 m.
Autobuses articulados	18,00 m.
Trenes de carretera	18,75 m.
Conjuntos de vehículos	18,75 m.

2.3. EL PEATÓN Y SU INTERACCIÓN CON LA VÍA

En zonas urbanas, la mayoría de las calles son utilizadas conjuntamente por peatones y vehículos. Fuera de ellas, el tráfico de peatones disminuye considerablemente, aun estando permitido en todas las vías a excepción de las autopistas.

El comportamiento de este colectivo es si cabe aún más impredecible que el de los vehículos ya que, salvo que perciba situaciones de evidente peligro, el peatón tenderá a hacer lo más corto posible su recorrido, aun infringiendo las normas de circulación vial.

Se ha comprobado estadísticamente que la máxima distancia admitida por el peatón para desplazarse sin usar ninguna clase de vehículo es de 300 m., dato a tener en cuenta en el proyecto de infraestructuras propias para su uso.

La velocidad media de un peatón es de 70 a 80 m/min., es decir, entre 4 y 5 km/h. Esta gran diferencia con respecto a las velocidades de los vehículos hace necesaria la separación física de ambas corrientes de circulación para preservar a los primeros; aún así, la mejor arma para disminuir la accidentalidad es una buena educación vial.

2.3.1. INFRAESTRUCTURAS PEATONALES

Los peatones son sin duda alguna el elemento más frágil de todos los que conforman el tráfico; por ello, es necesario dotarlos de infraestructuras especiales que los salvaguarden de los vehículos que circulan por la vía. Las más comunes son:

- a. Aceras: Zonas elevadas de la calzada dispuestas de forma longitudinal y destinadas única y exclusivamente a la circulación de peatones. Su ancho mínimo debe ser de 3 a 3,5 m. en zonas urbanas, y en ningún caso menor de 2 m.
- b. Refugios: Zonas de la acera destinadas a la acumulación de peatones que se hallan en situación de espera para efectuar un cruce. Deben dimensionarse adecuadamente para evitar aglomeraciones. Entran dentro de esta categoría las isletas y medianas.
- c. Pasos a nivel: Zonas que habilitan el paso a los peatones, caracterizadas por la coincidencia del plano de circulación de peatones y vehículos. Son los más aceptados y utilizados por el peatón lo que, unido a su bajo costo, los convierte en los más numerosos.



FIGURA 2 – Paso cebra y semáforos

De ellos, los más empleados habitualmente son:

- Pasos cebra: Zonas de la calzada convenientemente señalizadas destinadas al paso preferencial de peatones. Su eficacia depende de un buen emplazamiento, una señalización y preseñalización adecuada y del nivel de educación vial que tengan tanto conductores como los propios peatones.
 - Semáforos: Pueden ir acompañados de pasos cebra, pudiendo hallarse tanto regulando una intersección, en cuyo caso esa sería su principal misión, o servir únicamente para permitir el paso a los peatones. Son más caros, aunque más eficaces que los anteriores.
- d. Pasos a desnivel: Su fundamento es el desvío de la circulación de peatones, bien por encima del plano de circulación de los vehículos (pasos superiores), bien por debajo (pasos inferiores):

- Pasos superiores: Son estructuras que se elevan por encima de la vía, cruzándola generalmente de forma transversal. Tienen el gran inconveniente de poseer un importante desnivel con respecto al nivel de la acera, superior a los 5 m., condicionado por el gálibo de carreteras. Se proyectan para resistir sobrecargas de hasta 400 kg/m².
- Pasos inferiores: Estos pasos son menos exigentes en cuanto a desnivel se refiere, aunque se debe dejar un mínimo que permita el tránsito de peatones, 2,50 m. como mínimo. Tres son sus principales desventajas: la excesiva carga que deben soportar las vigas, unos 2.000 kg/m², su elevado costo y la potencialidad de convertirse en un foco de insalubridad, delincuencia y marginalidad si no se dota del suficiente mantenimiento.

3. REDES VIARIAS

Se denomina red viaria al conjunto de caminos y carreteras que existen en un área determinada, una ciudad, una región, una nación, y que permite el desplazamiento de los vehículos entre dos puntos de la misma, enlazando además dicha región con el resto de vías exteriores que la circundan. Básicamente, se pueden diferenciar dos grandes tipos de redes: las redes viarias urbanas y las interurbanas.

Existen notorias diferencias entre ambas redes: en las redes interurbanas predomina el tráfico de vehículos a motor a diferencia del peatonal, existiendo menores problemas de disposición de suelo, lo que posibilita una mayor libertad de trazado y una disposición más espaciada de enlaces para resolver las intersecciones entre vías. Los vehículos que utilizan este tipo de infraestructuras cubren largas distancias, por lo que les es aplicable el término de redes de larga distancia.

Por el contrario, las redes urbanas, fuertemente condicionadas por el espacio contiguo, están formadas en su mayor parte por calles que permiten la circulación tanto de vehículos como de peatones, empleando para ello infraestructuras diferenciadas. Predominan las intersecciones, así como los puntos de acceso desde los edificios colindantes, y los vehículos realizan principalmente recorridos cortos; podrían denominarse también redes de corta distancia.

En el siguiente cuadro se resumen las características de cada una de las redes comentadas:

CUADRO 7

CARACTERISTICAS DE LAS REDES URBANAS E INTERURBANAS

Redes interurbanas	Redes urbanas
- Mayor libertad de trazado - Ausencia casi total de circulación peatonal - Empleo de enlaces, dispuestos más espaciadamente - Accesos más restringidos desde el exterior - Redes de larga distancia	- Condicionadas por el espacio - Dos tipos de circulación: peatonal y de vehículos - Abundancia de intersecciones, generalmente a nivel - Multitud de accesos desde el exterior - Redes de corta distancia

3.1. REDES VIARIAS INTERURBANAS

Las vías interurbanas, comúnmente conocidas como carreteras, pueden definirse como aquellas vías de dominio y uso público concebidas, proyectadas y construidas para la circulación exclusiva de vehículos automóviles. Este tipo de redes son empleadas para realizar trayectos largos, sirviendo únicamente como vía de paso.

3.1.1. CLASIFICACIÓN TIPOLOGICA

Puede establecerse una clasificación de las vías interurbanas en función de las características y exigencias bajo las cuales han sido proyectadas. Generalmente, se distinguen cuatro tipos de carreteras: autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras convencionales.

a. Autopistas: Son carreteras especialmente concebidas, construidas y señalizadas para la circulación de automóviles, cumpliendo los siguientes requisitos:

- Control total de accesos, existiendo únicamente accesos puntuales y localizados, procurando la inaccesibilidad a la vía desde las propiedades colindantes.
- Inexistencia de cruces a nivel con otra vía, línea férrea, senda o servidumbre de paso alguno.
- Constar de distintas calzadas para cada sentido de circulación, separadas entre sí salvo en puntos singulares o con carácter temporal, por una franja de terreno no destinada a la circulación, denominada mediana, pudiendo ésta sustituirse excepcionalmente por dispositivos análogos.

b. Autovías: Se definen como vías de características análogas a la autopista que, no

reuniendo todas las características exigibles a aquélla, cumplen una serie de requisitos:

- Disponer de distintas calzadas para cada sentido de circulación.
- No cruzan a nivel ninguna otra vía, línea de ferrocarril o de tranvía.
- No son cruzadas a nivel por sendas o servidumbres de paso.
- Tienen limitación de acceso a propiedades colindantes.
- Pueden estar señalizadas como tales.

Debe subrayarse que la existencia de una tarifa o peaje no es una característica que diferencie a autopistas de autovías. La existencia de tarifas para el uso de determinadas vías es únicamente consecuencia de la política de explotación de la misma, y no de su tipología.

c. Vías rápidas: Son carreteras que, constando de una sola calzada para ambos sentidos de circulación, cumplen las siguientes prescripciones:

- Tienen limitación de acceso a propiedades colindantes.
- No cruzan a nivel ninguna otra vía, línea de ferrocarril o de tranvía.
- No son cruzadas a nivel por sendas o servidumbres de paso.
- Pueden estar señalizadas como tales.

d. Carreteras convencionales: Se definen por exclusión como aquellas vías que no reúnen las suficientes características como para formar parte de uno de los tres grupos anteriores. Generalmente constan de dos carriles, uno para cada sentido de circulación, con intersecciones a nivel y accesos directos desde sus márgenes. Este grupo es el más heterogéneo, encontrándose en él carreteras bien proyectadas geométricamente, que posibilitan altas velocidades, y otras de trazado más estricto por las que circula un tráfico escaso y a velocidades más reducidas.

3.1.2. CLASIFICACIÓN FUNCIONAL

Las carreteras también pueden clasificarse por su función, teniendo en cuenta el tipo de recorridos que se realizan sobre ellas y el área a la que sirven.

La Red Vial Nacional se clasifica según su jurisdicción en Red Vial Estatal, Red Vial Provincial y Red Vial Cantonal.

a. Red Estatal: Llamadas también carreteras primarias, conforman las arterias de la red

viaria, uniendo entre sí todos los centros de actividad o población provinciales del país. Su objetivo principal es posibilitar un tráfico a larga distancia, y un acceso parcial a los terrenos contiguos a la vía. En muchos países con un cierto grado de desarrollo existen redes de autopistas y autovías que enlazan sus principales centros neurálgicos. También está incluida en esta red las carreteras secundarias. Enlazan los principales centros de actividad de una región, pudiendo considerarse como una ramificación de las carreteras primarias. Su tráfico es predominantemente de corta o media distancia, y sus accesos son más numerosos.

La Red Vial Estatal está constituida por todas las vías administradas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, como única entidad responsable del manejo y control.

- b. Red Provincial: Llamadas también carreteras terciarias o vecinales. Conforman el tejido capilar de toda red viaria. Su misión se limita únicamente a comunicar una o varias propiedades particulares entre sí y permitir el acceso a ellas desde las vías locales. Muchos de estas vías no cumplen las características y gálibos mínimos, estando algunas de ellas incluso sin pavimentar.

La Red Provincial es el conjunto de vías administradas por cada uno de los Consejos Provinciales.

- c. Red Cantonal: Son también llamados caminos locales. Permiten el enlace entre pequeñas localidades y las carreteras de mayor rango; su tráfico está compuesto por los vehículos que realizan recorridos cortos entre poblaciones cercanas, y su influencia es meramente local.

La Red Cantonal es el conjunto de vías urbanas e interparroquiales administradas por cada uno de los Concejos Municipales.

3.1.3. COMPONENTES DE LA RED VIARIA

Toda infraestructura viaria está integrada por diversos elementos independientes, aunque interrelacionados entre sí. Pueden distinguirse tres grandes grupos: obras de tierra, afirmados y obras de arte.

3.1.3.1. Obras de tierra

Son aquellas que corresponden al acondicionamiento del terreno para la posterior construcción de la vía. Se distinguen fundamentalmente dos tipos:

- Desmante: Excavación en el terreno existente, destinada a abrir una vía de paso a la carretera. Esta excavación puede realizarse por medios mecánicos o con

explosivos, según el tipo de terreno.

- Terraplén: Aporte o relleno de tierras en zonas de cota inferior a la prevista en proyecto. Pueden aprovecharse, si son aptas, las tierras extraídas de zonas de desmonte.

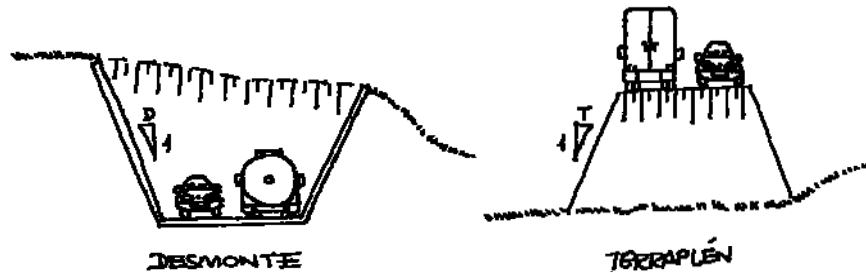


FIGURA 3 – Representación esquemática de desmonte y terraplén

3.1.3.2. Afirmados

El firme es la zona de la vía destinada al tránsito de vehículos. Se halla compuesto de diversas capas, cada una de ellas destinada a cumplir un cometido diferente. Tipológicamente, se distinguen tres tipos de firmes:

- Flexibles o deformables: Sus capas más superficiales se componen de mezclas bituminosas, lo que confiere a la estructura firme propiedades elasto-plásticas. Actualmente, son los más abundantes.
- Rígidos o elásticos: Emplean hormigón para conformar sus capas más superficiales. Las características de este material dotan a este tipo de firmes de una mayor rigidez y de características elásticas, empleándose en la construcción de autopistas, autovías y firmes especiales.
- Mixtos: Nacen como una combinación de los dos anteriores; constan de una losa de hormigón, sobre la que se apoyan diversas capas de aglomerado asfáltico. La ventaja que poseen sobre los anteriores es su menor generación de ruido; producen, por tanto, menor contaminación acústica al entorno.

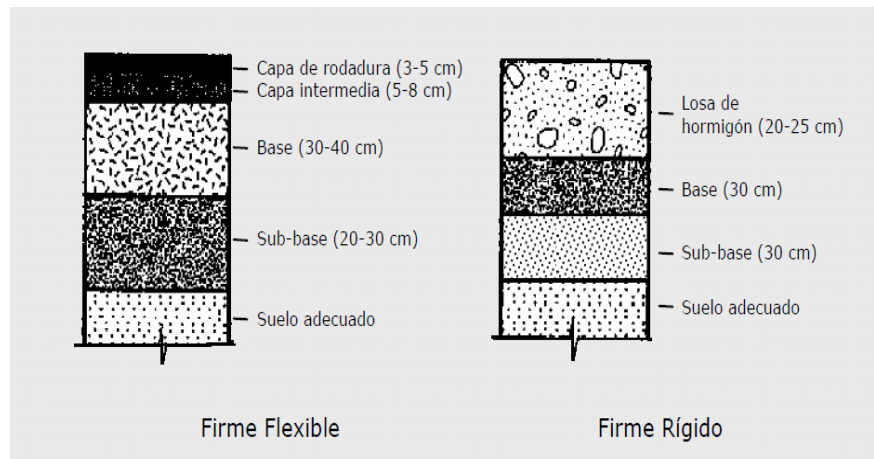


FIGURA 4 – Estructura de los firmes más empleados

En nuestro país, el firme bituminoso se ha empleado para la construcción de la mayor parte de las carreteras convencionales que conforman la red nacional, aunque es cierto que en las últimas décadas el uso de firmes rígidos de hormigón en la construcción de autopistas y autovías es cada vez más común.

Además, este último tipo de firmes se emplea en la construcción de diversos tipos de vías urbanas en zonas especiales, como polígonos industriales, estaciones de servicio o aparcamientos, ya que las mezclas bituminosas son atacables por los diversos tipos de gasolinas, aceites y lubricantes que con frecuencia se vierten en este tipo de zonas.

3.1.3.3. Obras de arte

Es toda construcción hecha con piedra, ladrillo, hormigón y, en general, con materiales pétreos, que forma parte de un camino. Pueden distinguirse las siguientes:

- Cunetas: Canales de sección generalmente trapezoidal adosados a ambos lados de la calzada, que recogen, canalizan y evacúan las aguas pluviales.
- Túneles: Obras que abren una vía de paso directa a través de un obstáculo natural, generalmente grandes elevaciones del terreno. De esta forma, se evita rodear dicho obstáculo.
- Viaductos o puentes: Obras de paso sustentadas en sus extremos y, en su caso, en soportes intermedios, que permiten el tránsito de personas, animales o vehículos. Se

emplean para salvar obstáculos naturales, ríos, barrancos, o resolver cruces de dos o más vías a nivel.

- Obras pequeñas de paso: Obras de arte que permiten el paso de carruajes, peatones, conducciones, servicios o corrientes de agua por debajo de un camino.

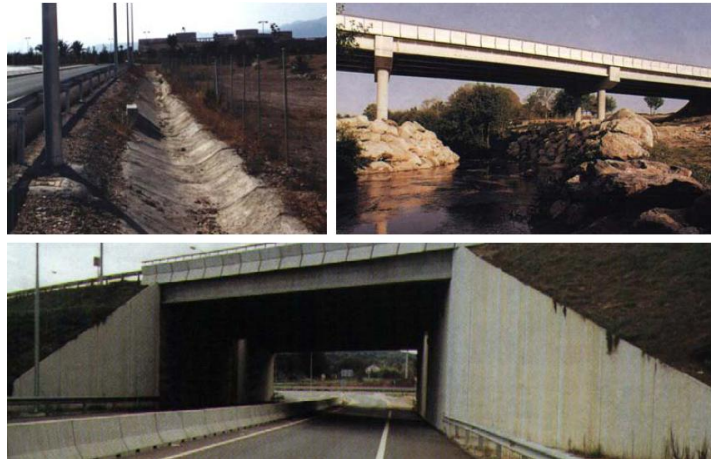


FIGURA 5 - Diversos aspectos de obras de fábrica relativas a carreteras

3.1.4. ELEMENTOS DE LA VÍA

Para efectuar la descripción de las partes de que consta la vía nos centraremos en su sección transversal, ya que en ella se distinguen todas ellas perfectamente. A lo largo de la historia de las carreteras se han empleado dos tipos de secciones, opuestas entre sí: la sección bombeada y la abadenada.

- Bombeada: Posee una ligera pendiente ascendente desde los extremos hacia el centro, lo que posibilita la evacuación lateral de las aguas. Viene empleándose reiteradamente desde hace años, dada la alta velocidad de circulación de los vehículos actuales.
- Abadenada: Empleada por las culturas de la antigüedad, este tipo de sección cumplía un doble objetivo: servir de superficie de tránsito para vehículos y viandantes, así como recoger y canalizar las aguas pluviales. Es válida para vehículos poco exigentes de tracción animal, aunque actualmente está obsoleta.

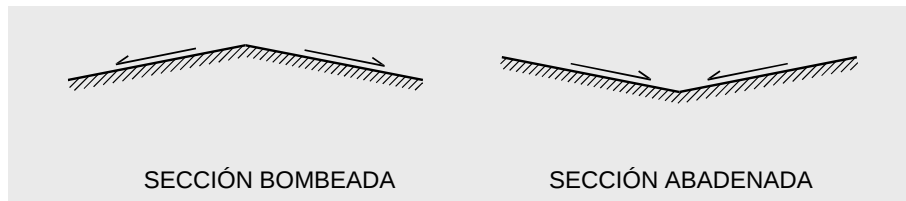


FIGURA 6 – Clases de sección transversal

Nos centraremos en el estudio de los elementos compositivos de las primeras:

- Plataforma: Es la zona de la vía destinada al uso de vehículos, y que integran calzada y arcenes.
- Calzada: Parte de la vía destinada a la circulación normal de vehículos. La calzada puede ser de único o doble sentido de circulación y se compone de un determinado número de carriles. Si su anchura es igual o inferior a 6,50 m., se denomina vía estrecha. Una vía puede componerse de diversas calzadas.
- Carril: Banda longitudinal en que puede subdividirse la calzada, caracterizada por tener una anchura suficiente para permitir la circulación de una sola fila de vehículos. Los carriles suelen materializarse en el pavimento mediante marcas viales, siendo su anchura estándar es de 3,50 m.; si ésta es inferior a 3 m., el carril se denomina estrecho.
- Arcén: Es la franja longitudinal afirmada contigua a la calzada, no destinada al uso de automóviles salvo en circunstancias excepcionales.
- Berma: Zona longitudinal de la carretera comprendida entre el borde exterior del arcén pavimentado y la cuneta o terraplén. Generalmente se utiliza para señalización, iluminación, balizamiento, comunicaciones o instalación de barreras de seguridad.
- Parterre: Es la franja longitudinal del terreno no destinada a la circulación, cuya misión es la de separar dos calzadas con distinto sentido de circulación. Su anchura es variable y puede contener barreras separadoras de tráfico.

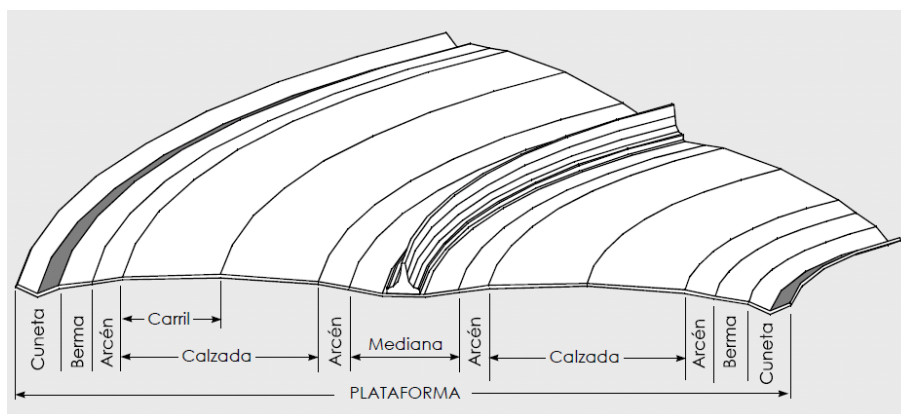


FIGURA 7 – Elementos que conforman la vía

- **Cunetas:** Conductos de sección abadenada diseñados para captar, transportar y evacuar las aguas pluviales; se hallan situadas en los extremos de la vía.

3.1.5. VÍAS AUXILIARES

En algunos tramos de determinadas vías se destina parte de la calzada a usos especiales; generalmente se ensancha la calzada en dichos tramos, creándose una nueva zona destinada a un uso específico. A estas zonas, cuyo cometido es facilitar determinadas funciones adicionales, se les denomina vías auxiliares o carriles especiales.

De entre ellas, cabe reseñar las siguientes:

- Vía de aceleración:** Destinada a facilitar la incorporación de vehículos que acceden a una vía de circulación rápida de forma que, a lo largo de su recorrido, puedan adecuar su velocidad con la de los vehículos que circulan por la vía a la que acceden.
- Vía de deceleración:** Cumple una función semejante a la anterior, facilitando la progresiva reducción de la velocidad de aquellos vehículos que abandonan una vía de circulación rápida para incorporarse a otra de velocidad específica más baja.
- Vía lenta:** Vía auxiliar, presente en determinados tramos de la calzada, generalmente en aquéllos con fuertes pendientes o muy prolongados, de uso obligatorio para aquellos vehículos que circulan a bajas velocidades. De esta forma, facilitan la circulación fluida del resto de los vehículos.
- Vía de servicio:** Vía secundaria, que presentan un trazado sensiblemente paralelo a la vía principal a la que se halla asociada, y que proporciona acceso a los vehículos a las propiedades colindantes. Puede haber sido utilizada durante la construcción de la vía principal a modo de *by-pass* o ruta provisional de paso.
- Zonas de parqueo emergente:** Ensanchamiento de la calzada destinado a la detención

de vehículos, de forma que no se interrumpa la circulación. Se emplea en calzadas estrechas y para facilitar cambios de dirección a la izquierda.

- f. Vía de estacionamiento: Zona marginal de la calzada destinada al estacionamiento de vehículos. Esta vía suele hallarse principalmente en zonas urbanas.
- g. Carril bus: Vía reservada y de uso específico para vehículos de transporte público de viajeros, como autobuses o taxis. Generalmente dicho carril no suele respetarse por el resto de conductores.
- h. Carril reversible o Contraflujo: Vías reguladas, de forma que pueden ser empleadas en ambos sentidos de circulación. Su misión es la de agilizar la fluidez del tráfico.



FIGURA 8 – Carriles de aceleración y deceleración

3.1.6. BARRERAS Y SEPARADORES DE TRÁFICO

Las barreras constituyen un elemento importante en la seguridad tanto de los ocupantes del vehículo como de los posibles sujetos situados en su entorno más próximo. Los objetivos básicos que deben cumplir este tipo de elementos son:

-
- Impedir a cualquier vehículo que produzca daños a las personas situadas fuera del mismo.
- Impedir la penetración de vehículos ligeros en zonas de gran peligro.
- En caso de impacto, desviar al vehículo afectado obligándole a adoptar una trayectoria sensiblemente paralela a la dirección de la barrera de seguridad.
- Hacer que las fuerzas a que se ven sometidos los ocupantes del vehículo se mantengan dentro de unos límites tolerables.
- Minimizar el costo de los daños producidos.

- Resistir el impacto de un vehículo sin que dicho vehículo o la propia barrera se conviertan en un peligro para el resto del tráfico.

No pueden establecerse unas normas fijas en cuanto a su instalación, ya que en cada caso suelen concurrir una serie de circunstancias que hacen que sea difícil de abordar el problema mediante reglas sencillas. Son factores influyentes la anchura de los arcenes, la curvatura horizontal, la pendiente de la vía, la intensidad del tráfico, la climatología o la inclinación de los terraplenes.

Puede establecerse una clasificación tipológica de las barreras en tres grandes grupos: flexibles, semiflexibles y rígidas.

Amortiguadores de impacto

Se emplean sobre todo en bifurcaciones de vías, donde la posibilidad de choque frontal, ángulo superior a 60°, es elevada. Básicamente son dispositivos disipadores de energía altamente deformables, que pueden actuar también como barrera de contención lateral con menor eficacia.

Plantaciones vegetales

Las plantaciones vegetales se emplean a modo de separadores de tráfico, siendo su uso cada vez más frecuente. No poseen las características de las barreras, aunque son muy útiles de cara a separar corrientes de tráfico, impidiendo o disminuyendo el deslumbramiento frontal, proporcionar una mejor orientación al conductor señalizando bifurcaciones o producir mejoras estéticas, facilitando la integración medioambiental de la vía en su entorno.

3.1.7. INTERSECCIONES Y ENLACES

Las zonas de unión entre una o varias vías constituyen puntos críticos y singulares en la red viaria, ya que por ellas deben pasar vehículos que llevan distintas direcciones, originándose puntos de conflicto entre sus trayectorias. Básicamente existen dos formas de resolver este problema, diferenciadas en el encuentro o no de dichas vías en el mismo plano: son las intersecciones y los enlaces.

En las intersecciones, todas las vías, llamadas ramales de dicha intersección, se cruzan a nivel. Se clasifican tanto por el número de ramales que concurren, como por su forma; así existen intersecciones de tres ramales en T o en Y, y de cuatro ramales en cruz y en X.

Mención aparte merecen las famosas glorietas o intersecciones giratorias que, si bien son

una solución adecuada para la regulación del tráfico, su mal uso o su abuso pueden producir efectos totalmente contrarios a los buscados.

Los intercambiadores, sin embargo, se basan en el cruce a desnivel de las vías; de esta forma, los vehículos pueden circular por la vía o cambiar de dirección sin molestar ni ser molestados apenas por el resto del flujo vial. Para permitir este traslado de vehículos entre dos vías distintas, es necesario proyectar ramales de enlace, tramos que enlazan ambas carreteras salvando el desnivel existente entre ambas. Estos ramales adoptan disposiciones muy diversas, dando lugar a diversos tipos de enlace: en trompeta, en trébol o en diamante.

En algunas intersecciones y enlaces existen tramos de trenzado, en cuyo extremo inicial se presenta una convergencia de dos o más corrientes de tráfico, mientras que en su extremo final existe una discordancia de las mismas. Esta situación obliga a los vehículos entrantes a entrecruzar sus trayectorias con los salientes.

3.2. REDES VIARIAS URBANAS

Mientras que las redes interurbanas se limitaban a ser un soporte que materializaba la posibilidad de realizar un determinado trayecto, las redes urbanas van más allá. A la función de contención del tráfico se unen las de regulación, distribución y accesibilidad, casi inexistentes en el anterior tipo de vías.

Las vías que conforman este tipo de redes deben estar diseñadas teniendo en cuenta el ambiente urbano en el que se hallan inmersas, y su funcionalidad va a depender en gran medida de que sean capaces de gestionar grandes caudales de tráfico en cortos períodos de tiempo, especialmente en determinadas zonas de grandes núcleos de población.

3.2.1. CONDICIONANTES GEOMÉTRICOS

La poca disponibilidad de espacio, la necesidad de adecuarse al entorno, la funcionalidad y los criterios económicos son algunos de los factores que limitan el trazado de una vía urbana. Por si esto fuera poco, esta definición geométrica suele venir en ocasiones impuesta por anteriores estudios de planeamiento de la zona.

El trazado de una carretera urbana debe abordarse como la búsqueda de una solución de compromiso que satisfaga los siguientes puntos:

- Condicionantes funcionales de la vía: Son todos aquellos factores que afectan de un

modo directo o indirecto a la movilidad de los vehículos que circulan por dicha vía. Básicamente se dividen en dos clases:

- Los impuestos por el rumbo en el que se encuentra el tramo de vía a proyectar, como puede ser su paso obligado por determinados puntos.
 - Aquéllos condicionados por la longitud del viaje, la intensidad y el tipo de vehículos que circularán por la vía.
- Restricciones impuestas por el medio atravesado: La topografía de la zona y los distintos elementos integrantes del paisaje urbano no permiten la libre elección de un trazado óptimo, reduciendo las posibles soluciones. Al igual que en el anterior caso, distinguiremos dos tipos de restricciones:
- Las causadas por el medio físico, el medio edificado o el planeamiento urbanístico, que derivan en la aparición de “zonas prohibidas” de paso.
 - Las restricciones derivadas del impacto ambiental sobre el medio y sobre todo, sobre la población de la zona afectada.
- Costos de construcción: Como en toda actividad mínimamente planificada, es necesario un estudio de costos de las diferentes alternativas posibles. Debe hacerse hincapié en que actualmente, el criterio económico no lo debe ser todo en el proyecto de carreteras: muchas veces es conveniente realizar un mayor gasto en pro de mejorar otros factores de tipo social o ambiental.

3.2.2. CLASIFICACIÓN JERÁRQUICA DE LAS VÍAS URBANAS

Al igual que las vías interurbanas, también puede establecerse una clasificación jerarquizada de las distintas clases de vías que conforman una red urbana. Atendiendo a su función pueden clasificarse, de mayor a menor importancia, en vías primarias, vías colectoras y vías locales.

3.2.2.1. Vías primarias (VPU)

Diseñadas para canalizar los movimientos de larga distancia, cumplen funciones de conexión y distribución de los vehículos que acceden a la ciudad o la atraviesan sin detenerse en ella. Forman parte de una ruta más amplia, de características interurbanas.

Las vías primarias urbanas son de muy distinto tipo según sean los condicionantes impuestos por las intensidades y tipo de tráfico que alberguen, así como por el medio físico atravesado.

Pueden distinguirse dos grupos:

- a. Vías no convencionales: Este tipo de vías se caracteriza por poseer características similares a las vías interurbanas de alta velocidad, es decir, una circulación continua de vehículos, control total de accesos, uso exclusivo para el automóvil y total separación de las vías peatonales:
- Autopistas urbanas (APU): Responden a la definición de autopista convencional, teniendo un control total de los accesos a la misma y empleando intersecciones a distinto nivel para la resolución de los cruces con otras vías, aunque sus exigencias geométricas son más estrictas. A diferencia de sus equivalentes interurbanas, sacrifican una mayor velocidad de servicio para conseguir mayor capacidad e integración medioambiental.
 - Autovías urbanas (AVU): Al igual que las anteriores, mantienen las mismas características que las exigidas a sus homólogas interurbanas.
 - Vías rápidas urbanas (VRU): Se incluyen en este grupo aquellas carreteras de calzada única que disponen de control de accesos. Suelen constituir la primera fase de una futura autovía o autopista urbana.

El diseño de este tipo de vías suele basarse en las necesidades generadas por el tráfico de media y larga distancia.

- b. Vías convencionales: Se identifican con las carreteras convencionales, y comparten las características aplicables a éstas: circulación interrumpida por intersecciones a nivel, ausencia de control de accesos, uso no exclusivo de automóviles, etc.

Destacan las vías arteriales urbanas (VAU), compuestas por una o dos calzadas con acceso a los usos colindantes. Asimismo, admite intersecciones y un mayor grado de integración en el tejido urbano que la circunda. Aunque da prioridad a la circulación continua de automóviles sobre la discontinua y la peatonal, en el diseño de este tipo de vías se emplean componentes de carácter urbano.

3.2.2.2. Vías colectoras o distribuidoras (VCU)

Se encargan de recoger y distribuir el tráfico proveniente de o con destino a las vías locales. La mayor parte del tráfico realiza recorridos cortos, no teniendo su origen o destino en dicha vía, aunque se debe permitir el acceso a los edificios adyacentes. Las intersecciones con vías locales y colectoras son a nivel, aunque es necesario regularlas convenientemente, tanto las intersecciones como el resto de la vía, mediante semáforos o

dispositivos análogos.

3.2.2.3. Vías locales (VLU)

Utilizadas generalmente por vehículos cuyo punto de origen o destino se encuentra en ellas, siendo los recorridos realizados cortos y a pequeña velocidad. La principal finalidad de este tipo de vías es permitir el acceso a los edificios existentes en sus márgenes. Las intersecciones son a nivel, y raramente están semaforizadas, al ser poco importante su regulación.

3.2.3. AFIRMADOS URBANOS

En zonas urbanas sigue vigente la descripción tipológica que realizábamos para vías interurbanas, si bien existen gran cantidad de matices, sobre todo en lo que a pavimentación se refiere.

Generalmente, en las vías urbanas se emplean firmes flexibles o mixtos, según las cargas de tráfico a las que se vaya a ver sometida dicha vía, llegándose a emplear firmes de hormigón en los tramos de autopista urbana.

Además, existen zonas que por sus características especiales emplean firmes de hormigón, como pueden ser las estaciones de servicio, dado el empleo de productos petrolíferos que dañan las capas bituminosas, las áreas industriales, debido al alto porcentaje de vehículos pesados, las zonas residenciales de baja densidad o los aeropuertos.

3.2.3.1. Criterios de elección del tipo de firme

Los criterios para la elección del tipo de firme adecuado en zonas urbanas son los que a continuación se citan:

- Adecuada rugosidad de la capa de rodadura, tanto en seco como en mojado, así como el mantenimiento de dicha propiedad a lo largo del tiempo. De esta forma se garantiza seguridad en la frenada y se reducen las distancias mínimas de frenado.
- Durabilidad y resistencia a la degradación por la acción del tráfico, del agua o de otros elementos.
- Impermeabilidad y correcto drenaje superficial, de forma que proteja a las diferentes capas permeables que se hallan por debajo. Para ayudar a la evacuación de las aguas pluviales, es conveniente dotar a la vía de un bombeo de entre el 2 y el

4%.

- Baja producción de ruido y vibraciones, tanto para el conductor como para los habitantes de zonas aledañas. En ciertos casos, puede emplearse un nivel de ruido superior a lo aconsejado para disuadir al conductor de circular a altas velocidades, por ejemplo empleando bandas sonoras.
- Calidad visual, permitiendo la variedad y potenciando efectos dinámicos sobre la percepción del conductor o las propiedades difusoras ante la iluminación.
- Resistencia a las cargas de tráfico que debe soportar según el estudio previo realizado en el correspondiente proyecto.

3.2.3.2. Tipos de pavimentos

A continuación se detallan las características genéricas de los materiales más empleados para la construcción de afirmados en zonas urbanas:

- a. Pavimentos de hormigón: Se caracterizan por su buena adherencia y durabilidad. Su impacto visual es medio, siendo alto el nivel de ruido generado. Presentan dificultades para la reposición de los servicios.
- b. Pavimentos bituminosos: Presentan un buen comportamiento ante el ruido, aunque una escasa calidad visual. En general, son menos rugosos y durables que los pavimentos de hormigón, aunque presentan un fácil mantenimiento.
- c. Pavimentos porosos: Muy efectivos contra el ruido, y con especiales ventajas de rugosidad en condiciones de lluvia, al filtrarse el agua dada su alta porosidad. En zonas poco lluviosas, requieren un alto mantenimiento para evitar la obstrucción de los poros. Desde el punto de vista de integración, posee una escasa calidad visual.
- d. Pavimentos discontinuos: Este grupo lo forman adoquines prefabricados de hormigón. Producen efectos favorables en la reducción de velocidad ya que su nivel de ruido es alto. Dada su gran variedad de formas y colores se prestan fácilmente a la integración en el medio, por lo que son muy del agrado de los urbanistas. Al tratarse de un pavimento formado por multitud de elementos aislados requiere una ejecución impecable y una buena base sustentante, ya que de no ser así su durabilidad se reduce de forma considerable.

3.2.4. ACERAS

Las aceras juegan un importante papel en la organización urbana ya que, además de servir de soporte al tráfico peatonal, albergan y canalizan una serie de servicios

urbanos, tales como el alumbrado, las redes de media y baja tensión, el sistema de riego e incendios, telefonía, gas, agua potable e incluso redes de cable y fibra óptica.

La transición entre el firme y la acera suele hacerse a través de un bordillo de 15 a 20 cm. de altura acompañado en ocasiones de una encintado horizontal. Asimismo, suele darse a la acera una ligera pendiente del 2% hacia la calzada para favorecer la evacuación de las aguas pluviales.

3.2.4.1. Exigencias funcionales

La funcionalidad de este tipo de infraestructuras exige una serie de requisitos básicos para proporcionar un correcto servicio: comodidad, registrabilidad, durabilidad y calidad visual.

- a. Comodidad: La acera debe tener la suficiente anchura como para permitir una circulación aceptable al peatón y disponer de los medios necesarios para hacerla accesible a individuos con ciertas minusvalías, instalando rampas de acceso a los pasos peatonales, refugios lo suficientemente amplios o diferenciando la textura del pavimento en determinadas zonas.
- b. Registrabilidad: La presencia de servicios en el interior de la acera y la necesidad de efectuar operaciones de reparación y mantenimiento en éstos hace aconsejable la adopción de pavimentos discontinuos, como losas o adoquines, que faciliten su rotura y posterior reposición.
- c. Durabilidad: El material empleado en la formación de las aceras debe ser antideslizante para evitar caídas y durable, para evitar su degradación con el transcurso del tiempo. Para un correcto drenaje, es recomendable dotar a la acera con una pendiente transversal no superior al 2%, para no causar sensación de desequilibrio en el peatón.
- d. Calidad visual: La posibilidad de emplear diferentes colores y texturas juega un papel muy importante desde el punto de vista informativo para el peatón, pudiendo indicar así la presencia de zonas especiales, como pasos de peatones, refugios, accesos a garajes o rampas. Esta importancia se acentúa si se trata de señalizar este tipo de zonas a personas invidentes.

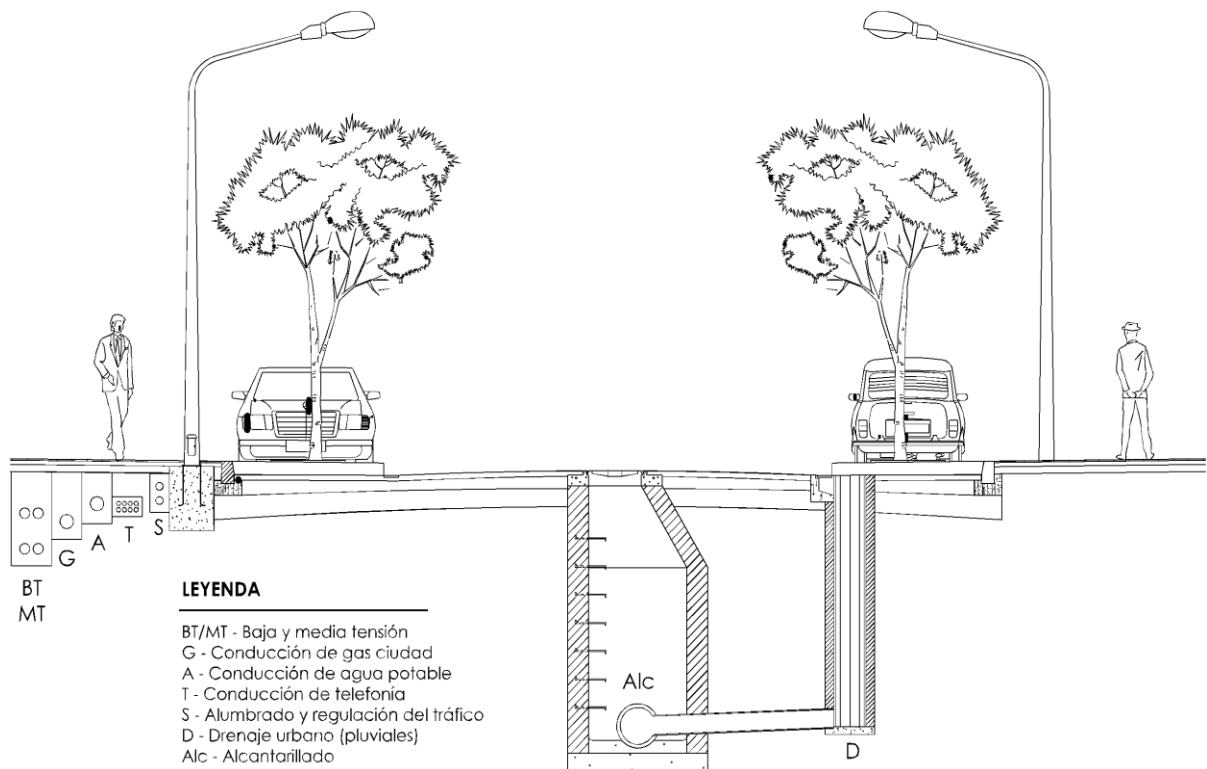


FIGURA 9 – Sección transversal tipo de una vía urbana

3.2.5. ZONAS DE ESTACIONAMIENTO

El problema del estacionamiento en la ciudad es sin duda alguna, uno de los problemas más importantes que se plantea en la actualidad. No es objetivo el tratar en profundidad esta problemática, aunque sí la de facilitar unas nociones básicas al respecto.

Existen tres tipos de zonas destinadas al estacionamiento de vehículos:

- a. Estacionamiento en superficie: En este tipo de zonas, el estacionamiento se realiza a nivel, es decir, el vehículo no tiene que acceder a la zona por medio de rampas o pendientes. Dentro de este tipo de zonas, distinguimos dos clases:
 - Carriles de estacionamiento en la calle: Es el tipo de estacionamiento más común y familiar de todos. Consiste en destinar el uso del carril contiguo a la acera al estacionamiento de vehículos.
 - Áreas de estacionamiento: Se trata de grandes zonas resguardadas de la circulación de vehículos, y destinadas exclusivamente para el estacionamiento. Suelen estar asociadas a grandes superficies comerciales y edificios de medio y gran aforo, como estadios, teatros o pabellones situados fuera del núcleo urbano de la ciudad, dado que el aprovechamiento del suelo que hacen es muy bajo.

- b. Estacionamientos subterráneos: Este tipo de aparcamientos es propio de zonas céntricas y de alta densidad de tráfico, donde es impensable destinar áreas superficiales al estacionamiento de vehículos. Suelen construirse debajo de vías relativamente largas, accediendo a su interior a través de rampas rectas de pendientes no superiores al 14% o circulares, que no deben sobrepasar el 12% de inclinación.
- c. Estacionamientos en inmuebles: Básicamente se trata de edificios cuyo uso está destinado parcialmente o en su totalidad al estacionamiento de vehículos. Actualmente, las viviendas de nueva construcción poseen en su sótano aparcamientos para los residentes, lo cual favorece la descongestión y reduce la demanda de plazas de aparcamiento en superficie.

Al igual que los anteriores, el acceso se realiza a través de rampas o, en el caso de existir problemas de espacio, de aparatos elevadores especiales.

4. PLANTEAMIENTO Y TRÁFICO

Las redes viarias, como cualquier otra gran infraestructura, necesitan una serie de directrices y normas para su ordenado y correcto desarrollo. Dichas normas no obedecen a criterios aleatorios, sino que se basan en estudios previamente realizados en los que se analiza la distinta demanda existente en determinadas zonas, así como el uso al que deben destinarse las vías. Nace así el concepto de planificación vial, que es complementado por el planeamiento, más enfocado a la ordenación y distribución de infraestructuras tanto espacial como temporalmente.

Para efectuar una planificación y planeamiento correctos es necesario conocer las principales características del tráfico que, junto con diversas herramientas de cálculo asociadas a ellas, permitan entender su comportamiento en determinadas situaciones y prever sus efectos, para así poder dimensionar convenientemente las infraestructuras viarias o, en su caso, adoptar las medidas correctoras oportunas.

4.1. PLANIFICACIÓN VIAL Y PLANEAMIENTO

El sistema de carreteras que conforma un determinado territorio permanece en constante evolución, por lo que se hace imprescindible introducir un elemento regulador que se encargue de que ésta se produzca adecuada y ordenadamente.

Surge así en concepto de planificación vial, que puede definirse como el conjunto de estudios necesarios para definir la función que debe cumplir una red viaria determinada, ordenando el conjunto de actuaciones a lo largo de un tiempo fijado, determinando las características de las vías que la componen, estableciendo la oportuna jerarquía y determinando los medios que deben dedicarse a cada una de las fases para su correcta realización, fijando asimismo las prioridades convenientes.

Una adecuada planificación vial se limitará a facilitar y dosificar los medios para satisfacer la demanda existente y produciendo un mínimo impacto, tanto económico como social, territorial o medioambiental. Aparte de este objetivo primordial, existen otras metas de carácter secundario que puede cumplir, tales como:

- Promover el desarrollo de determinados sectores, como turismo o industria.
- Contribuir al equilibrio regional y social en determinadas zonas marginales o deprimidas.
- Servir a fines de defensa nacional.
- Constituir itinerarios especiales.

El planeamiento materializa las directrices adoptadas en la etapa de planificación, definiendo la estructura que adoptará físicamente la red. Las diferentes fases del planeamiento vial son las que a continuación se detallan:

- a. Análisis de la situación actual, realizando un inventario de los medios disponibles, infraestructuras y vehículos, y determinando el uso que se hace de los mismos y el rendimiento obtenido, en calidad del servicio o costos.
- b. Análisis de la situación futura, desarrollando métodos, técnicas y modelos que permitan estudiar el comportamiento futuro del sistema de carreteras y prever su respuesta a posibles actuaciones sobre éste para alcanzar el objetivo propuesto.
- c. Posibles opciones para alcanzar el objetivo establecido, analizando los resultados obtenidos al aplicar los modelos y métodos desarrollados en la etapa anterior, así como la evaluación de cada una de ellas.
- d. Selección de la opción más conveniente, exponiendo los recursos que precisa su aplicación y las etapas de la misma.
- e. Una vez finalizado el proceso de planeamiento de las actividades necesarias para conseguir el objetivo marcado, será preciso acometer la puesta en práctica de la opción seleccionada, efectuando un control y seguimiento de su evolución y de los

resultados conseguidos con las acciones emprendidas, introduciendo las modificaciones que se consideren oportunas.

4.2. CARACTERÍSTICAS DEL TRÁFICO

El objetivo básico del estudio del tráfico es deducir las relaciones existentes entre sus características y el trazado de la red por la que circulan. Para un correcto estudio de las características de la circulación, es preciso sintetizar todas las variables que ejercen algún tipo de influencia en ella, en una serie limitada de factores cuantificables y matemáticamente interpretables.

De todos ellos, tres destacan por su interrelación, su facilidad de manejo y su sencilla determinación: la intensidad, composición y velocidad del tráfico.

4.2.1. INTENSIDAD

Se denomina intensidad o volumen de tránsito al número de vehículos que atraviesa una determinada sección de la vía en la unidad de tiempo. Para su medición se realizan aforos en determinados puntos de la carretera, bien de forma manual o utilizando aparatos contadores. Existen una serie de indicadores basados en la intensidad que definen el comportamiento del tráfico y las características funcionales de la vía:

- a. Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA): Llamado también Intensidad media diaria (IMD) en Estados Unidos y otros países, se define como el número total de vehículos que atraviesan una determinada sección durante un año, dividido por 365. El TPDA se emplea fundamentalmente para establecer una clasificación de los diferentes tipos de vías.

$$TPDA = \frac{\text{Número anual de vehículos}}{365}$$

Este tráfico es necesario, en esta disertación, para identificar el tipo de vía y para establecer el rango en el cual el nivel de servicio de la autopista se debe encontrar para prestar un óptimo servicio a sus usuarios.

- b. Tráfico Horario Máximo Diario: o Intensidad horaria punta (IHP), es el número de vehículos que transitan por una sección de la vía durante la hora de mayor tráfico (hora punta o pico). Su valor sirve de referencia en el cálculo de la estructura resistente del firme e influye en la el planteamiento de la ordenación de la zona.

En la AGR las horas pico son de 6 am a 9am y de 5pm a 8 pm.

- c. Factor de hora pico (FHP): Empleado en vías urbanas y semiurbanas, en las que pueden producirse congestiones en cortos períodos de tiempo. Se define como la relación entre el tráfico horario máximo diario y la intensidad máxima producida (dentro de la hora pico) en un período de tiempo determinado, generalmente 15 minutos.

4.2.2. VELOCIDAD

De los tres conceptos que definen la circulación, la velocidad es sin duda el más problemático, dado su carácter variable tanto de forma individual, velocidad de cada vehículo, como conjunta.

Centrándonos en el estudio de un solo vehículo, se pueden definir tres tipos de velocidad:

- Velocidad local o instantánea: La que posee al atravesar determinada sección de la vía, en un instante determinado.
- Velocidad de circulación (V_c): Relación entre la distancia recorrida en un tramo y el tiempo invertido en recorrerla.
- Velocidad de recorrido (V_r): Definida como el cociente entre la distancia total recorrida en un trayecto determinado y el tiempo transcurrido desde el instante en que el vehículo lo inicia hasta que llega a su destino, incluyendo posibles detenciones y retrasos debidos al tráfico.

En Ingeniería de Tráfico no interesan tanto estas variables individuales como las colectivas, referidas al conjunto de vehículos que transitan por una determinada vía. Los indicadores de uso más generalizado son los siguientes:

- Velocidad media local (V_l): Velocidad asignada a una sección determinada, calculada hallando la media aritmética de las velocidades de los n vehículos que la atraviesan.
- Velocidad media en un tramo (V_T): Relación entre la longitud L de un tramo y el tiempo medio empleado por los n vehículos en atravesarlo.
- Velocidad media de recorrido: Análoga a la anterior, sólo que computando el tiempo total que tarda en realizar el desplazamiento, es decir, contando detenciones y retrasos. Podría aplicarse, por ejemplo, al tiempo que tarda un autobús de línea en cubrir su recorrido.

- Velocidad de proyecto: Es aquella que se toma como base para proyectar y definir los diferentes elementos geométricos de la vía, como radios, distancias de visibilidad o peraltes. Es inferior a las que realmente llevan los vehículos.
- Velocidad de servicio: Aquélla que únicamente es superada por el 5% de los conductores; podría definirse como la velocidad de un conductor rápido.

4.2.3. OTRAS VARIABLES

Aparte de las tres variables anteriormente comentadas, existen otras de menor importancia, pero que ayudan a matizar determinadas características del tráfico.

- a. Separación (s): Distancia existente entre las partes delanteras de dos vehículos que circulan consecutivamente.
- b. Intervalo (h): Es un concepto íntimamente ligado al anterior. Indica el tiempo transcurrido entre el paso de dos vehículos sucesivos por una sección determinada. Puede expresarse en función de la intensidad como:
- c. Densidad (d): Se denomina densidad de tráfico al número de vehículos que existen por unidad de longitud sobre una carretera. La unidad que generalmente se emplean es el número de vehículos por kilómetro de vía.

CAPITULO IV

METODOLOGÍA PARA CALIFICAR EL ESTADO FÍSICO DE UNA CARRETERA PAVIMENTADA

1. INTRODUCCIÓN

La administración o el concesionario de una vía deberán realizar las tareas destinadas a mantener en funcionamiento todos los elementos de la carretera para garantizar al usuario adecuados niveles de servicio y seguridad vial. Así mismo, deberá garantizar la armonía y complemento de los servicios básicos instalados, sean baterías sanitarias, expendio de alimentos, áreas destinadas a parqueos de vehículos, servicios de auxilio médico y mecánico con los prestados con personas o entidades de socorro y atención a emergencia a fin de atender de manera oportuna y eficiente los siniestros.

1.1. CONDICIONES GENERALES

Se plantea la necesidad de realizar todas las actividades requeridas para la rehabilitación, mantenimiento, ampliación, explotación y administración de las carreteras. La administración encargada tomará medidas inmediatas sobre cualquier anomalía producida en el área de gerencia y establecerá correctivas y medidas de seguridad y control necesarios.

2.1. CONDICIONES PARTICULARES

Las condiciones particulares estarán enmarcadas en los principios de continuidad, calidad de servicio, cobertura y seguridad vial; garantizados mediante la utilización de métodos, instalaciones y equipos modernos con tecnologías avanzadas y la prestación de un servicio normal e interrumpido para todos los usuarios.

En este capítulo, se establece la metodología para calificar la condición actual en que se encuentren los diferentes elementos constructivos de una carretera pavimentada, sus

condiciones de conservación y la variación de estos parámetros a través del tiempo, mediante inspecciones sucesivas.

Las calificaciones de los elementos debidamente procesadas, dan como resultado la *CALIFICACION PONDERADA DE LA CONDICIÓN ACTUAL DE UNA CARRETERA*, cuyo valor tiene en cuenta la importancia relativa o el grado de influencia de los distintos elementos que la integran.

Se fijará los criterios y procedimientos que se debe seguir durante el recorrido de la vía de tal manera que los resultados sean homogéneos, confiables y representativos del nivel de servicio que la vía presta al usuario.

El trabajo de la administración comprenderá en la realización de las actividades de mantenimiento en forma oportuna, programada y sistemática de acuerdo a las necesidades reales del mantenimiento de carreteras en sus diferentes tipos.

Los diferentes elementos que conforman la estructura de las carreteras deberán ser inspeccionadas en forma diaria y permanente para detectar a tiempo cualquier tipo de falla e introducir en forma inmediata los correctivos necesarios.

Uno de los objetivos primordiales de la conservación es evitar, al máximo, la pérdida innecesaria de capital ya invertido mediante la protección física de la estructura básica y de la superficie del camino.

2. ELEMENTOS DE UNA CARRETERA PAVIMENTADA Y SUS FACTORES DE INFLUENCIA

Se consideran los diferentes elementos que la integran y las condiciones en que se encuentran, las cuales deben evaluarse de acuerdo al grado de influencia dentro de la función de proporcionar un servicio eficiente.

Según el Documento Técnico para la Concesión de Carreteras del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, los elementos se agrupan de acuerdo con los siguientes Aspectos:

- Condición de la Calzada
- Estructura Viales y de Drenaje
- Zonas Laterales
- Señalización y Seguridad Vial

En el Cuadro 11 se indican los aspectos, elementos y sub-elementos a calificar y los factores de influencia para la calificación total.

CUADRO 10

VALORES DE INFLUENCIA DE ASPECTOS, ELEMENTOS Y SUB-ELEMENTOS.

Aspectos	Elementos	Sub-elementos	Valor de Influencia	
1.- Condición de la Calzada			0.50	
	Elementos Funcionales			
	1.1.- Rugosidad (IRI).			0.40
	1.2.- Índice de Condición del Pavimento (PCI).			0.40
	1.3.- Resistencia al Deslizamiento.			0.20
	Elementos Estructurales			
	1.4.- Deflexión Máxima.			--
	1.5.- Surco de Huella.			--
2.- Estructuras de Drenaje y Estructuras Viales.			0.25	
	2.1.- Puentes.			0.30
	2.2.- Alcantarillas de Cajón.			0.10
	2.3.- Alcantarillas.			0.10
	2.4.- Cunetas.			0.10
	2.5.- Filtros y Subdrenes.			0.15
	2.6.- Encauzamientos.			0.05
	2.7.- Otras Obras de Drenaje.			0.05
	2.8.- Bordillos.			0.05

	2.9.- Muros de Contención.		0.10
3.- Evaluación de las Zonas Laterales.		0.10	
	3.1.- Condición de Taludes.		0.45
	3.2.- Condición de Espaldones.		0.30
	3.3.- Condición del Derecho de Vía.		(0.25)
	3.3.1.- Vegetación en 5 mts.		0.05
	3.3.2.- Vegetación en el resto del Derecho de Vía.		0.05
	3.3.3.- Utilización Indebida.		0.05
	3.3.4.- Peligros al Tráfico.		0.05
	3.3.5.- Cercas.		0.05
4.- Señalización.		0.15	
	4.1.- Señalización Horizontal.		(0.60)
	4.1.1.- Señalización Central.		0.35
	4.1.2.- Señalización Lateral.		0.25
	4.2.- Señalización Vertical.		(0.30)
	4.2.1.- Señalización Vertical.		0.10
	4.2.2.- Defensas Metálicas.		0.15
	4.2.3.- Postes de Referencia.		0.05
	4.3.- Señalización Especial.		0.10

Fuente: DOCUMENTO TÉCNICO MTOP

Los factores de influencia asignados a cada uno de los elementos de la carretera fueron fijados tomando como base la contribución que tengan para que la carretera preste un servicio eficiente.

Cada elemento de una carretera pavimentada, luego de su respectiva evaluación, obtendrá una valoración en una escala de 0 a 5, como se indica en el Cuadro 12, con una aproximación de un decimal.

CUADRO 11

CALIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL ELEMENTO

Condición del Elemento	Rango de Calificación
Muy Buena	5.0 – 4.0
Buena	4.0 – 3.0
Regular	3.0 – 2.0
Mala	2.0 – 0.0

Fuente: DOCUMENTO TÉCNICO MOP

3. METODOLOGÍA DE CALCULO

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) establece un lineamiento para orientar al calificador o evaluador en el otorgamiento de las calificaciones que corresponden a los diferentes elementos o condiciones, según las deficiencias observadas o ensayadas.

En el caso de los elementos a los cuales el evaluador otorgará una calificación mediante la observación del mismo, la inspección se efectuará recorriendo a pie, kilómetro a kilómetro, con el fin de revisar y apreciar con detalle la condición de los componentes del elemento que lo integran.

El personal de evaluación debe cumplir con las medidas necesarias para garantizar la seguridad, tanto propia como para el usuario de la vía.

Durante el día y cuando exista suficiente luz natural se realizará el recorrido para calificar los siguientes aspectos: Condición de la Calzada, Estructuras Viales y de Drenaje, y Zonas Laterales. Mientras que en la noche, en temporadas de lluvia y con neblina se

analizará la Señalización y Seguridad Vial. Además en el recorrido se llevará un registro de las calificaciones para cada uno de los elementos.

Para evitar el cansancio del evaluador y resultados erróneos, el MTOP sugiere que la vía a evaluar se divida en tramos o secciones no mayores a 10 km.

Cada elemento o condición debe calificarse en forma independiente, es decir, la calificación de un elemento no debe influir en la del otro.

Cuando un tramo de la vía se encuentra en reparación, esta no se tomará en cuenta para la calificación.

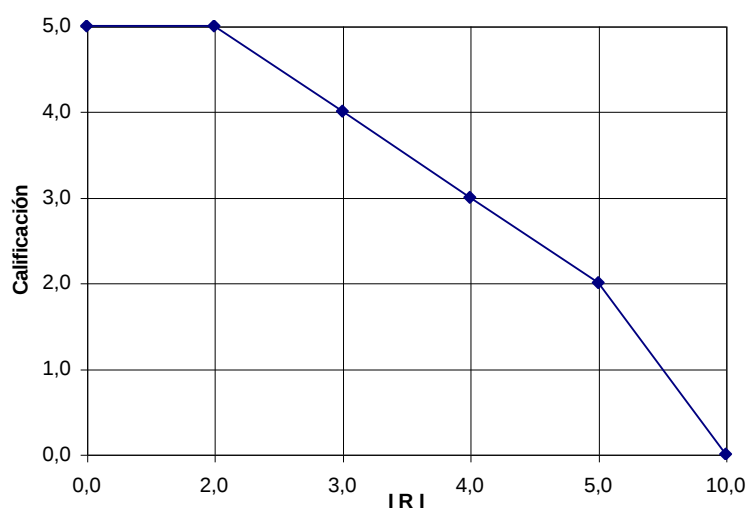
3.1. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA CALZADA

3.1.1. ELEMENTOS FUNCIONALES

3.1.1.1. Rugosidad

La unidad de medida utilizada para determinar la rugosidad es el índice internacional de rugosidad (IRI), expresado en metros por kilómetro (m/km). Para la obtención de este valor, la medición se efectuará por medio de un rugosímetro dinámico automatizado, Perfilómetro Laser, permitiendo la medición sin limitaciones de velocidad.

Para conseguir la calificación de la rugosidad, se compara el IRI obtenido de la medición con un rugosímetro con los rangos de calificación mostrados en la Figura 34.



IRI	Calificación
0,0	5,0
2,0	5,0
3,0	4,0
4,0	3,0
5,0	2,0
10,0	0,0

FIGURA 34 – Calificación de la Rugosidad

3.1.1.2. Índice de Condición del Pavimento

El Índice de Condición del Pavimento (PCI) se obtendrá luego de analizar 19 tipos de fallas que pueden existir en una carretera de pavimento asfáltico en función de la densidad y severidad de las fallas.

La determinación del PCI, se puede regir al *SISTEMA PAVER*, que incluye formularios tipo para la recopilación de información de condiciones del pavimento. Sin embargo, existen otras alternativas para establecer el PCI, una de ellas es mediante la Norma de la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (American Society for Testing and Materials – ASTM Standards), con el Método de Ensayo para la búsqueda del Índice de Condición del Pavimento para Aeropuertos (Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys), D-5340, el cual, de la misma manera, incluye formularios tipo para la recopilación de información, así como la metodología para el cálculo del PCI. Este último es el método de ensayo que se utilizó para el cálculo del PCI en la AGR.

Para conseguir la calificación de la condición del pavimento, se compara el PCI obtenido con los rangos de calificación mostrados en la Figura 35.

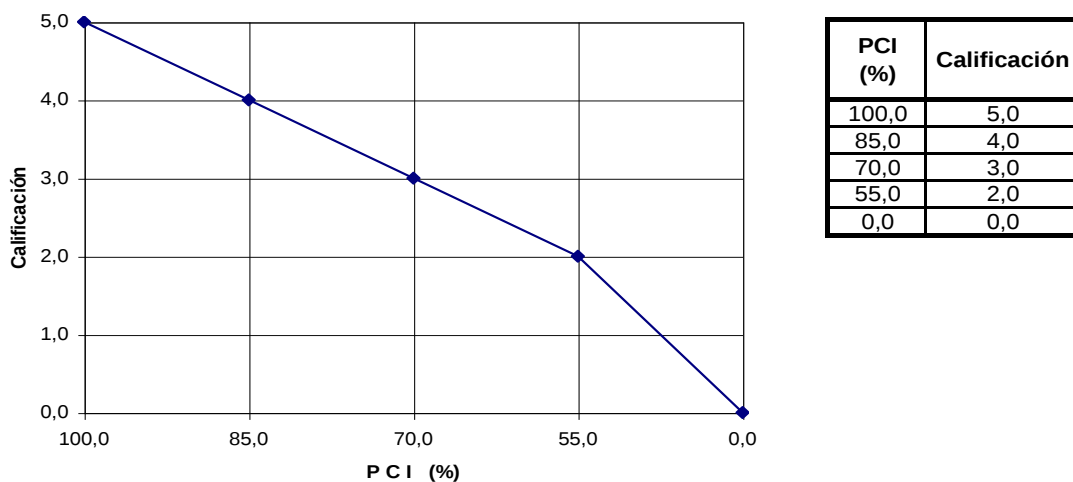


FIGURA 35 – Calificación del Índice de Condición del Pavimento

3.1.1.3. Resistencia al Deslizamiento

Existen distintos procedimientos de ensayos para determinar la resistencia al deslizamiento. Dentro de los más conocidos a nivel internacional se encuentran: el

SCRIM, Mu Meter y Grip Tester para mediciones continuas de alto rendimiento; y el Péndulo TRRL (Transport and Road Research Laboratory) para medidas puntuales de bajo rendimiento.

Puesto que en el medio no se dispone de equipos de alto rendimiento, el Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento CRD o, por sus siglas en ingles SRV (Skid Resistance Value), se obtendrá con el Péndulo de Fricción del TRRL, mediante la Norma de la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (American Society for Testing and Materials – ASTM Standards), con el Método de Ensayo para la medición de las propiedades friccionantes de la superficie usando el Péndulo Británico.

Para conseguir la calificación de la resistencia al deslizamiento, se compara el SRV o CRD obtenido con los rangos de calificación mostrados en la Figura 36.

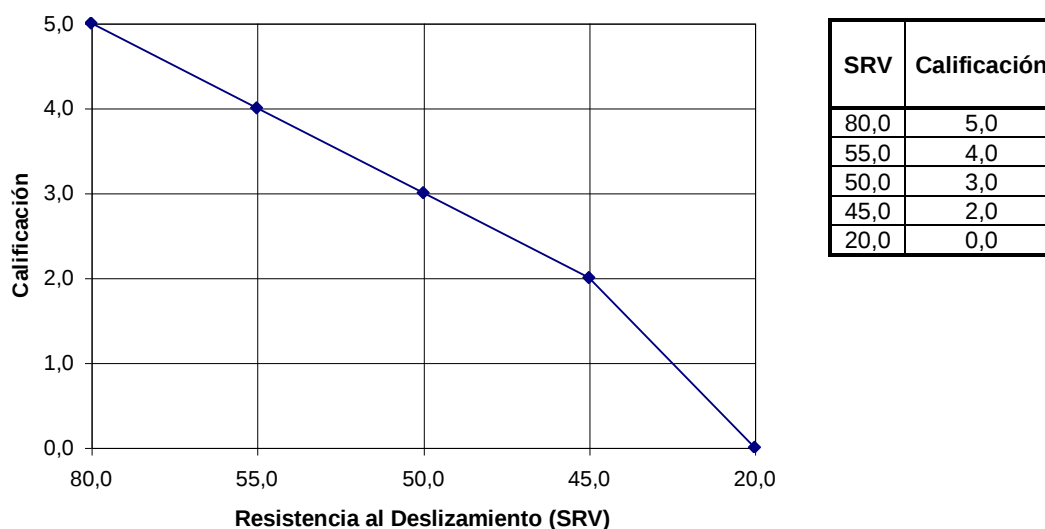


FIGURA 36 – Calificación de la Resistencia al Deslizamiento

3.1.2. ELEMENTOS ESTRUCTURALES

La deflexión y el Surco de Huella son los elementos para establecer una óptima calidad estructural, no obstante no influyen en la calificación de la calzada.

Para que se pueda cumplir la calificación del Nivel aceptable de servicio en función del tráfico promedio diario anual (TPDA), indicado en el *CUADRO 3 – NIVELES ACEPTABLES DE SERVICIO* (CAPITULO I - Marco Referencial), se deberá a su vez cumplir los requerimientos de los valores aceptables de los elementos de la carretera indicados en el *CUADRO 1 – RANGOS ACEPTABLES DE LOS ASPECTOS DE LA*

CARRETERA (CAPITULO I – MARCO DE REFERENCIA), en el CUADRO 13, y en la FIGURA N para la deflexión, a continuación detallados.

CUADRO 12

RANGOS ACEPTABLES DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL ASPECTO CALZADA

TPDA	IRI	PCI	Resistencia al Deslizamiento	Surco de Huella	Deflexión
(veh/día)	(m/Km)	(%)	(SRV)	(mm)	(mm)
> 5000	2.0 - 3.0	85 - 100	> 55	6.0	< 0.40
3000 - 5000	3.5	85 - 100	> 55	6.0	0.45 - 0.40
< 3000 *	4.0	70 - 85	> 50	6.0 - 8.0	0.58 - 0.45

Fuente: DOCUMENTO TÉCNICO MOP

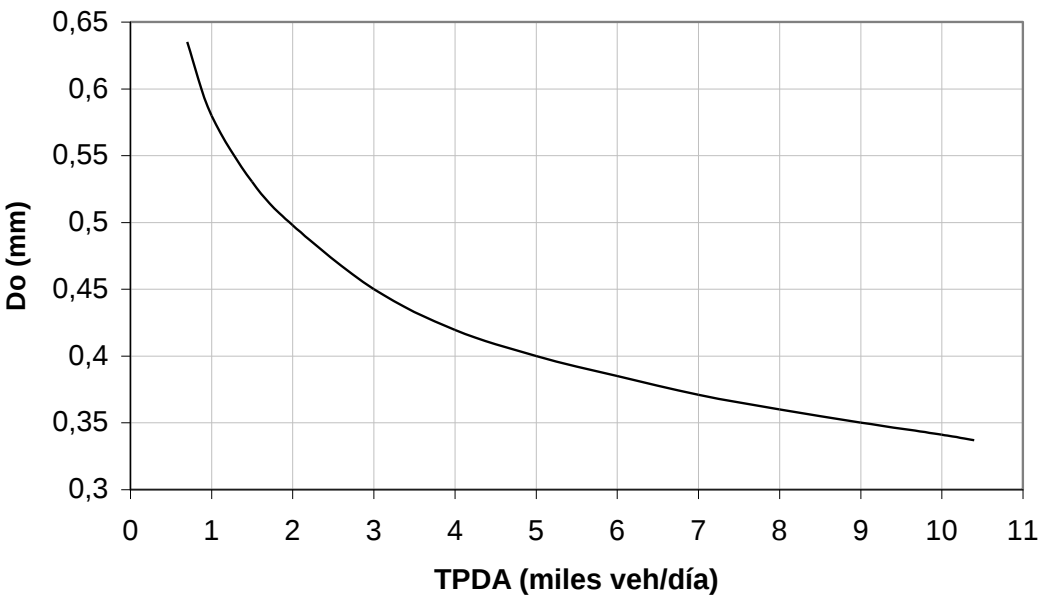


FIGURA 37 – Deflexión Aceptable en función del TPDA

3.2. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS VIALES

Las obras de drenaje y viales deben siempre estar limpias y libres de obstrucciones que impidan el flujo del agua para su correcto funcionamiento.

Además se debe observar con atención cualquier desperfecto físico como: grietas, socavación en la cimentación, daños de barandas, desgaste de los materiales, etc., que ponga en riesgo la estabilidad de la obra o la seguridad del usuario.

Para calificar los elementos de las estructuras de drenaje y estructuras viales se debe seguir los siguientes pasos:

- a. Se debe tomar en cuenta los principales componentes constructivos de cada elemento, los respectivos rangos de calificación y los valores relativos.
- b. Para cada componente constructivo de un elemento se obtendrá una calificación que estará dentro del rango de 0 – 5.0, en función de la condición actual y el funcionamiento del elemento.
- c. Este valor se lo multiplicará por su valor relativo respectivo (0 - 1), ya no en porcentaje.

La suma de todos los valores relativos de cada componente constructivo de un elemento debe ser igual al 100% o 1.

- d. Luego, se realiza la sumatoria de todos los resultados, siendo esta la calificación del elemento (nunca mayor a 5).

Los cuatro pasos anteriores se los puede resumir con la siguiente formula:

$$Cf.Elemento_i = \sum (Cf.Comp.Construc.*Vr)$$

Donde:

$Cf.Elemento_i$ = Calificación de cada Elemento.

$Cf.Comp.Construc.$ = Calificación de los Componentes Constructivos

Vr = Valor Relativo. $(0 \leq Vr. \leq 1)$.

- e. Ahora, puesto que los elementos a calificar son varios, es decir que se obtendrá tantos resultados de calificación como elementos se encuentren a lo largo de la sección o tramo, la calificación final se obtendrá ponderando las calificaciones de cada elemento en base a la longitud respectiva de cada uno de ellos. Entonces se puede definir la siguiente ecuación:

$$Cf.p.Elemento = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (Cf.Elemento_i \times Long.Elemento_i)}{\sum_{i=1}^{i=n} Long.Elemento_i}$$

Donde:

$Cf.p.Elemento$ = Calificación Ponderada del Elemento.

$Cf.Elemento_i$ = Calificación de cada Elemento.

$Long.Elemento_i$ = Longitud de cada Elemento calificado.

n = Número de Elementos a lo largo del tramo calificado.

3.2.1. PUENTES

Para calificar los puentes existentes en las carreteras pavimentadas, se debe seguir los pasos del punto 3.2 tomando en cuenta el siguiente cuadro:

CUADRO 13

CALIFICACIÓN DE PUENTES

Condición Actual del Puente		
Componente Principal	Valor Relativo (%)	Rango de Calificación
Superestructura	35	0.0 – 5.0
Infraestructura	35	0.0 – 5.0
Accesos	10	0.0 – 5.0
Funcionamiento del Puente		
Componente Principal	Valor Relativo (%)	Rango de Calificación
Funcionamiento	20	0.0 – 5.0
Funcionamiento del Cauce		
Condición	Valor Relativo (%)	Rango de Calificación
Condición Actual	40	0.0 – 5.0

Funcionamiento	60	0.0 – 5.0
----------------	----	-----------

Fuente: DOCUMENTO TÉCNICO MOP

En el caso de los puentes, que toma en cuenta el funcionamiento del cauce, el resultado de la calificación de cada elemento se lo divide para dos, es decir se realiza un promedio entre la condición y funcionamiento del puente con el funcionamiento del cauce. Siendo este la calificación del elemento puente.

3.2.2. ALCANTARILLAS DE CAJÓN

Para calificar las alcantarillas de cajón existentes en las carreteras pavimentadas, se debe seguir los pasos del punto 3.2, con excepción del componente estructura de la alcantarilla, el cual se debe ponderar la calificación de acuerdo a la magnitud del daño con respecto a la longitud de la estructura, como indica la siguiente ecuación:

$$\text{Calificación Estructuras} = 5.0 * \left(1 - \frac{\text{long. daño}}{\text{long. estructura}} \right)$$

Luego de la obtención de la calificación del componente estructura se seguirá con los pasos anteriormente descritos en el punto 3.2, tomando en cuenta el siguiente cuadro:

CUADRO 14

CALIFICACIÓN DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN

Condición Actual de la Alcantarilla de Cajón		
Componente Principal	Valor Relativo (%)	Rango de Calificación
Estructuras	40	0.0 – 5.0
Aletas	24	0.0 – 5.0
Replanto	16	0.0 – 5.0
Funcionamiento de la Alcantarilla de Cajón		
Condición	Valor Relativo (%)	Rango de Calificación
Funcionamiento	20	0.0 – 5.0

Fuente: DOCUMENTO TÉCNICO MOP

3.2.3. ALCANTARILLAS

Para calificar las alcantarillas existentes en las carreteras pavimentadas, se debe seguir los pasos del punto 3.2, con excepción de los componentes estructuras de entrada y salida, los cuales se calcularán con la ecuación de la calificación para estructuras que se expone en el punto 3.2.2. de alcantarillas de cajón.

Luego de la obtención de la calificación de los componentes estructura se seguirá con los pasos anteriormente descritos en el punto 3.2, tomando en cuenta el siguiente cuadro:

CUADRO 15

CALIFICACIÓN DE ALCANTARILLAS

Condición Actual de Alcantarillas		
Componente Principal	Valor Relativo (%)	Rango de Calificación
Tubería de Conducción	36	0.0 – 5.0
Estructura de Entrada	16	0.0 – 5.0
Estructura de Salida	16	0.0 – 5.0
Funcionamiento de Alcantarillas		
Componente Principal	Valor Relativo (%)	Rango de Calificación
Tubería de Conducción	16	0.0 – 5.0
Estructura de Entrada	8	0.0 – 5.0
Estructura de Salida	8	0.0 – 5.0

Fuente: DOCUMENTO TÉCNICO MOP

3.2.4. CUNETAS

Para calificar las cunetas existentes en las carreteras pavimentadas, se debe seguir los pasos del punto 3.2 tomando en cuenta el siguiente cuadro:

CUADRO 16

CALIFICACIÓN DE CUNETAS

Condición	Valor Relativo (%)	Rango de Calificación
Condición Actual	60	0.0 – 5.0
Funcionamiento	40	0.0 – 5.0

Fuente: DOCUMENTO TÉCNICO MOP

3.2.5. FILTROS O SUBDRENES

En este caso, para la calificación de filtros o subdrenes solo se evalúa si esta o no en funcionamiento (0 ó 5), como se muestra en el siguiente cuadro:

CUADRO 17

CALIFICACIÓN DE FILTROS O SUBDRENES

Funcionamiento	Calificación
Se encuentra funcionando	5.0
No se encuentra funcionando	0.0

Fuente: DOCUMENTO TÉCNICO MOP

3.2.6. ENCAUZAMIENTOS DE ENTRADA Y SALIDA

Para calificar los encauzamientos existentes en las carreteras pavimentadas, se debe seguir los pasos del punto 3.2 tomando en cuenta el siguiente cuadro:

CUADRO 18

CALIFICACIÓN DE ENCAUZAMIENTOS

Tipo	Valor Relativo (%)		Rango de Calificación
	Condición Actual	Funcionamiento	
Revestido	60	40	0.0 – 5.0
Sin Revestir	0	100	0.0 – 5.0

Fuente: DOCUMENTO TÉCNICO MOP

3.2.7. OBRAS DE DRENAJE REVESTIDAS

Para calificar las obras de drenaje revestidas existentes en las carreteras pavimentadas, se debe seguir los pasos del punto 3.2 tomando en cuenta el siguiente cuadro:

CUADRO 19

CALIFICACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE REVESTIDAS

Condición	Valor Relativo (%)	Rango de Calificación
Condición Actual	60	0.0 – 5.0
Funcionamiento	40	0.0 – 5.0

Fuente: DOCUMENTO TÉCNICO MOP

3.2.8. BORDILLOS

Para calificar los bordillos existentes en las carreteras pavimentadas, se debe seguir los pasos del punto 3.2 tomando en cuenta el siguiente cuadro:

CUADRO 20

CALIFICACIÓN DE BORDILLOS

Condición	Valor Relativo (%)	Rango de Calificación
Condición Actual	60	0.0 – 5.0
Funcionamiento	40	0.0 – 5.0

Fuente: DOCUMENTO TÉCNICO MOP

3.2.9. MUROS DE CONTENCIÓN

Para calificar estos elementos, más adelante, en el punto 3.5, se detalla las Guías para calificar los elementos de una carretera pavimentada, en el CUADRO 24 – Estructuras de drenaje y estructuras viales, se indican los rangos de calificación correspondientes a la variación conceptual de su estado, referente a que no presente daños que hagan peligrar su estabilidad y cumplan su objetivo como estructura de estabilidad de la mesa de la carretera.

3.3. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE ZONAS LATERALES

3.3.1. TALUDES

Para calificar los taludes, más adelante, en el punto 3.5, se detalla las Guías para calificar los elementos de una carretera pavimentada en el CUADRO 25 – Zonas laterales, se indican los rangos de calificación correspondientes a la variación del grado de estabilidad de los mismos, para lo cual se deben tener en cuenta los diferentes parámetros que intervienen en definir este concepto.

3.3.2. CONDICIÓN DE ESPALDONES

Los espaldones deben estar recubiertos con una capa de concreto asfáltico o tratamiento superficial.

Para calificar la condición de los espaldones en una carretera pavimentada, en la FIGURA 38 se establecen los rangos de calificaciones correspondientes a la variación de los porcentajes del área de los espaldones con daños u ocupadas por maleza, escombros, etc., con respecto al área total de la Sección o Tramo en estudio.

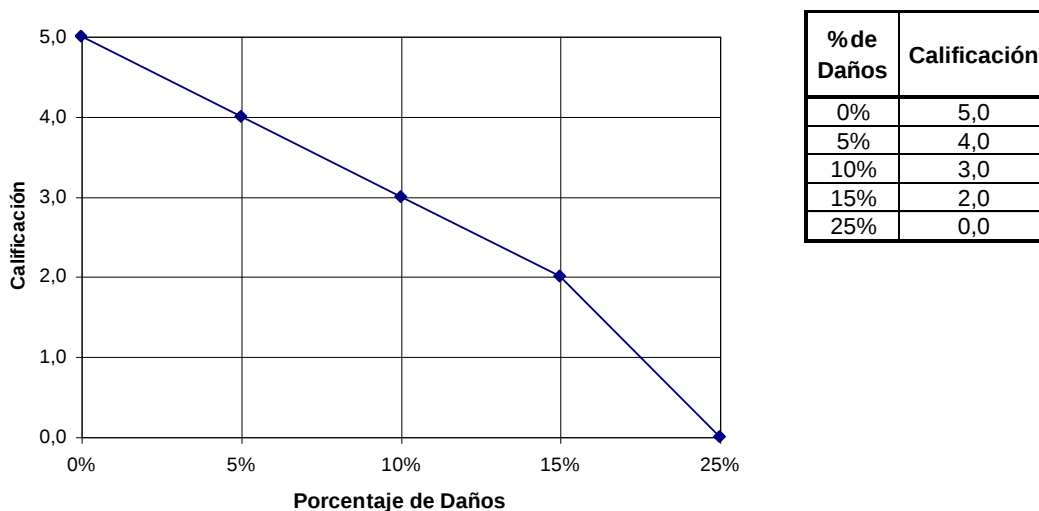


FIGURA 38 – Calificación de la Condición de Espaldones

3.3.3. CONDICIONES DE DERECHO DE VÍA

El derecho de vía estará normado por la Ley de Caminos y su Reglamento de Aplicación. En el derecho de vía se permite solo vegetación de ciclo corto.

Para calificar las condiciones del derecho de vía, más adelante, en el punto 3.5, se detalla las Guías para calificar los elementos de una carretera pavimentada, en el CUADRO 25 – Zonas laterales, en el cual se indican las calificaciones que deberán aplicarse de acuerdo a las deficiencias y con la intensidad con que se presenten.

Toda franja correspondiente al derecho de vía debe estar siempre libre de obstáculos que influyan en su visibilidad y seguridad del usuario.

3.3.3.1. VEGETACIÓN

Es la vegetación en los cinco metros medidos a partir del borde exterior de la cuneta ó del pie del talud del terraplén. La altura máxima de la vegetación deberá ser de 20 cm.

3.3.3.2. VEGETACIÓN EN EL RESTO DEL DERECHO DE VÍA

La altura máxima de la vegetación en el resto del derecho de vía es deberá ser 60 cm.

3.3.3.3. UTILIZACIÓN DEL DERECHO DE VÍA

Derecho de vía se entiende 25 m. desde el eje de la carretera, para la construcción de cerramientos definitivos y 30 m. para levantar una edificación, contempladas en la Ley de Caminos. En el caso de obras de drenaje mayores y puentes que se encuentran fuera de las dimensiones que se anotó anteriormente, deberá entenderse que el derecho de vía deberá extenderse hasta el punto más lejano en el que se encuentre esta obra.

Las utilizaciones indebidas del derecho de vía corresponden a: colocación de vallas a distancias prohibidas o sin cumplir con las normas establecidas sobre la materia, diversos cultivos, formación de basureros o escombros, servidumbres no autorizadas, etc.

El criterio para definir la utilización debe ser el porcentaje de la franja mal utilizada respecto a la longitud de la Sección o Tramo en estudio.

3.3.3.4. PELIGROS AL TRÁFICO

Para calificar esta condición, en el CUADRO 22 se establecen los rangos de calificaciones y las correspondientes definiciones que presente el derecho de vía, tales como: troncos de árboles caídos, piedras y/o diversos obstáculos que representen peligro a la seguridad de los usuarios de la carretera.

CUADRO 21

CALIFICACIÓN DE PELIGROS AL TRÁFICO

No. de Peligros al Tráfico	Calificación
No hay	5.0
Uno	2.5
Más de uno	0.0

3.3.3.5. CERCAS

Las deficiencias en las cercas y su correspondiente calificación se obtendrá más adelante, en el punto 3.5, Guías para calificar los elementos de una carretera pavimentada se indican en el CUADRO 25 – Zonas laterales. Dichas deficiencias se refieren a cercas mal ubicadas, alojadas dentro del derecho de vía, cercas contraídas con material poco resistente, o falta de ellas cuando son necesarias.

3.4. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN Y LA SEGURIDAD VIAL

Siendo los principios básicos de la Señalización y la Seguridad Vial, los de informar, regular y aconsejar.

Se deberá mantener una señalización que garantice la seguridad al usuario y un flujo estable de tráfico, teniendo en cuenta velocidades y libertad de maniobra. De especial atención serán los puntos negros, zonas de neblina, cruces peatonales, centros poblados, salida de vehículos, fábricas, zonas militares y otros.

Para cumplir con este requerimiento, se debe regir al Reglamento Técnico expedido por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

La seguridad vial, comprende la estabilización de taludes, consideraciones de alineación horizontal, vertical, estado de la superficie de rodadura, accesos a puentes, desvíos, intersecciones.

Cuando se realicen trabajos temporales en la vía, se debe prever la señalización tipo, especialmente en la noche; con tráfico abierto, debe considerarse además la presencia de policía.

Para calificar la señalización horizontal, vertical y especial, más adelante, en el punto 3.5, se detalla las Guías para calificar los elementos de una carretera pavimentada en el CUADRO 26 – Señalización se indica las calificaciones correspondientes a las deficiencias observadas de acuerdo con la intensidad que ocurran.

3.4.1. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

Las deficiencias que ocurren en la señalización horizontal corresponden a:

- Ausencia de señalización
- Condición actual de la señalización
- Falta de reflectancia
- Incumplimiento del Reglamento Técnico del INEN

En la calificación de la señalización horizontal y especial, también deben tenerse en cuenta los siguientes elementos: reductores de velocidad, rayas separadoras de carriles cuando la calzada es de tres carriles o más, rayas canalizadoras del tráfico en desviaciones, demarcación de pasos a nivel o desnivel, rayas protectoras de isletas, cruce de ferrocarriles, zonas de peligro o de peatones, demarcación de paradas de buses y de estacionamientos; además del pintado de otros elementos como: barandas de puentes y cabezales de alcantarillas, etc.

Para calificar la señalización horizontal existente en las carreteras pavimentadas, se debe tomar en cuenta la siguiente figura:

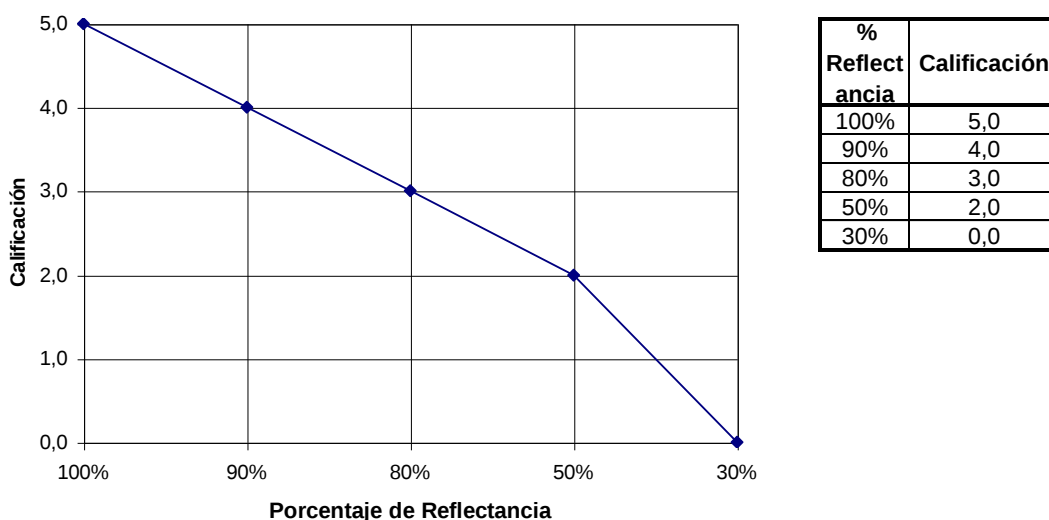


FIGURA 39 – Calificación de la Señalización Horizontal

3.4.2. SEÑALIZACIÓN VERTICAL

Las deficiencias corresponden a la señalización vertical preventiva, reglamentaria o informativa. Dichas deficiencias se caracterizan por la ausencia de señales, por ser ilegibles, por no cumplir con el reglamento. Particularmente en lo que corresponde a dimensiones, colores, rotulado y ubicación.

Las deficiencias en los postes de referencia son por la ausencia, falta de visibilidad o por su deterioro.

Las deficiencias en las defensas metálicas ocurren por ausencia, por falta de visibilidad, por estar despintadas o por presencia de daños.

Cualquier deficiencia se considera una ausencia de la señal.

Para calificar la señalización vertical existente en las carreteras pavimentadas, se debe

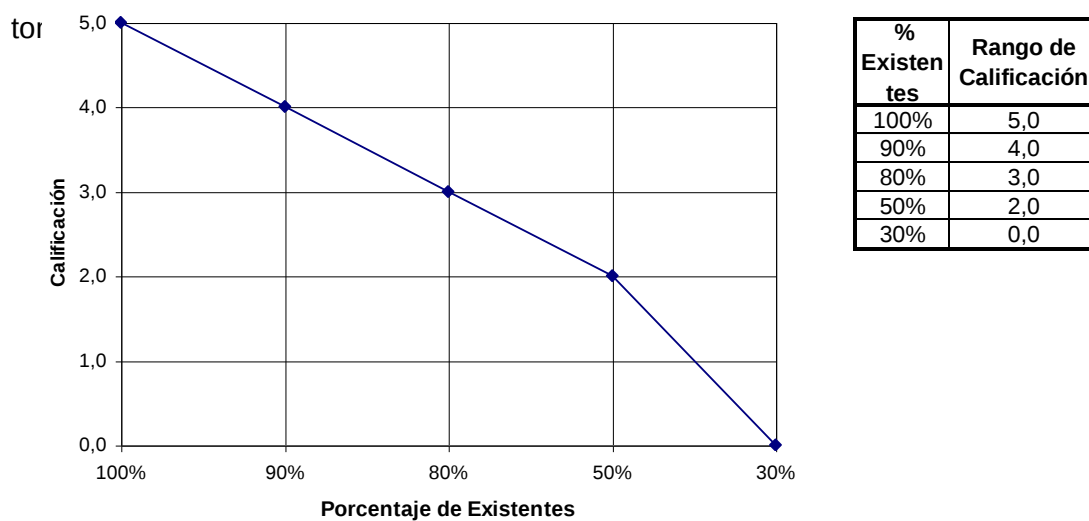


FIGURA 40- Calificación de la Señalización Vertical

3.5. GUÍAS PARA CALIFICAR LOS ELEMENTOS DE UNA CARRETERA PAVIMENTADA

CUADRO 22

CONDICIÓN DE LA CALZADA

Aspectos	Elementos	Medida de Calificación	Rango de Calificación			
			Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo
			5.0 - 4.0	4.0 – 3.0	3.0 – 2.0	2.0 – 0.0
1.- Condición de la Calzada						
	Elementos Funcionales					
	1.1.- Rugosidad (IRI).	IRI	2.0 – 3.0	3.1 – 4.0	4.1 – 5.0	5.1 – 10.0
	1.2.- Índice de Condición del Pavimento (PCI).	PCI %	100 – 85	84.9 – 70.0	69.9 – 55.0	< 55.0
	1.3.- Resistencia al Deslizamiento.	SRV	80.0 – 55.0	54.9 – 50.0	49.9 – 45.0	44.9 – 20.0
	Elementos Estructurales					
	1.4.- Deflexión Máxima.		--	--	--	--
	1.5.- Surco de Huella.		--	--	--	--

Fuente: DOCUMENTO TÉCNICO MOP

CUADRO 23

ESTRUCTURAS DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS VIALES

Aspectos	Elementos	Medida de Calificación	Rango de Calificación			
			Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo
			5.0 - 4.0	4.0 – 3.0	3.0 – 2.0	2.0 – 0.0
2.- Estructuras de Drenaje y Estructuras Viales.						
	2.1.- Puentes.	Se obtiene directamente de acuerdo a lo expuesto en la sección 3.4.5.2. Estructuras Viales y de Drenaje				
	2.2.- Alcantarillas de Cajón.					
	2.3.- Alcantarillas.					
	2.4.- Cunetas.					
	2.5.- Filtros y Subdrenes.					
	2.6.- Encauzamientos.					
	2.7.- Otras Obras de Drenaje.					
	2.8.- Bordillos.					
	2.9.- Muros de Contención.	Condición Actual	Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo

Fuente: DOCUMENTO TÉCNICO MOP

CUADRO 24
ZONAS LATERALES

Aspectos	Elementos	Sub-elementos	Medida de Calificación	Rango de Calificación			
				Muy Bueno 5.0 - 4.0	Bueno 4.0 – 3.0	Regular 3.0 – 2.0	Malo 2.0 – 0.0
3.- Evaluación de las Zonas Laterales.							
	3.1.- Condición de Taludes.		Estabilidad	Estable	Moderadam ente Estable	Inestable	Muy Inestable
	3.2.- Condición de Espaldones.		% Daños	0.0 – 5.0	5.1 – 10.0	10.1 – 15.0	15.1 – 25.0
	3.3.- Condición del Derecho de Vía.						
		3.3.1.- Vegetación en 5 mts.	Altura (m)	0.0 – 0.20	--	--	> 0.20
		3.3.2.- Vegetación en el resto del Derecho de Vía.	Altura (m)	0.0 – 0.60	--	--	> 0.60
		3.3.3.- Utilización Indevida.	Utilización	Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo
		3.3.4.- Peligros al Tráfico.	Existentes	No Hay	No Hay	Uno	Más de Uno
		3.3.5.- Cercas.	% Existentes	100.0 – 90.0	89.9 - 80.0	79.9 – 70.0	59.9 – 50.0

Fuente: DOCUMENTO TÉCNICO MOP

CUADRO 25
SEÑALIZACIÓN

Aspectos	Elementos	Sub-elementos	Medida de Calificación	Rango de Calificación			
				Muy Bueno 5.0 - 4.0	Bueno 4.0 – 3.0	Regular 3.0 – 2.0	Malo 2.0 – 0.0
4.- Señalización.							
	4.1.- Señalización Horizontal.						
		4.1.1.- Señalización Central.	% Reflectancia	100.0 – 90.0	89.9 – 80.0	79.9 – 50.0	49.9 – 30.0
		4.1.2.- Señalización Lateral.	% Reflectancia	100.0 – 90.0	89.9 – 80.0	79.9 – 50.0	49.9 – 30.0
	4.2.- Señalización Vertical.						
		4.2.1.- Señalización Vertical.	% Existentes	100.0 – 90.0	89.9 – 80.0	79.9 – 50.0	49.9 – 30.0
		4.2.2.- Defensas Metálicas.	% Existentes	100.0 – 90.0	89.9 – 80.0	79.9 – 50.0	49.9 – 30.0
		4.2.3.- Postes de Referencia.	% Existentes	100.0 – 90.0	89.9 – 80.0	79.9 – 50.0	49.9 – 30.0
	4.3.- Señalización Especial.		% Existentes	100.0 – 90.0	89.9 – 80.0	79.9 – 50.0	49.9 – 30.0

Fuente: DOCUMENTO TÉCNICO MOP

3.6. METODOLOGÍA GENERAL

La calificación que se otorgue a un elemento, se referirá a un Tramo de la carretera considerada, por lo que ésta calificación debe reflejar la condición del elemento dentro del Tramo.

Para obtener la calificación de un Tramo se deben seguir los siguientes pasos:

- Luego de haber obtenido la Calificación Ponderada de cada Elemento, como se indicó anteriormente, se calcula la calificación ponderada de cada uno de los Aspectos, para lo cual se deberán sumar las calificaciones ponderadas de los elementos de cada Aspecto correspondientemente y multiplicar este valor por su respectivo valor de influencia (Punto 2 - Elementos de una carretera pavimentada y sus factores de influencia). Resumiendo obtenemos la siguiente formula:

$$Cf.p.Aspecto_i = \sum (Cf.p.Elemento.*Vin)$$

donde:

$Cf.p.Aspecto_i$. = Calificación Ponderada de cada Aspecto.

$Cf.p.Elemento.$ = Calificación Ponderada del Elemento.

$Vin.$ = Valor de Influencia. $(0 \leq Vin. \leq 1)$.

- La calificación del Tramo, será la suma de las calificaciones ponderadas de cada Aspecto, como se indica a continuación:

$$Cf.Tramo_i = \sum (Cf.p.Aspecto_i. \times Vin.)$$

Donde:

$Cf.Tramo_i$ = Calificación de cada Tramo.

$Cf.p.Aspecto_i$ = Calificación Ponderada del Aspecto.

$Vin.$ = Valor de Influencia. $(0 \leq Vin. \leq 1)$.

- La calificación del nivel de servicio de la carretera es el número que se obtiene al dividir la sumatoria de los productos resultantes de multiplicar la calificación para cada tramo por su longitud en km., entre la longitud total de la carretera en km.

$$Cf.Carretera = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (Cf.Tramo_i \times Long.Tramo_i)}{Long.Carretera}$$

$$Long.Carretera = \sum_{i=1}^{i=n} Long.Tramo_i$$

Donde:

$Cf.Carretera$ = Calificación de la Carretera.

$Cf.Tramo_i$ = Calificación de cada Tramo.

$Long.Tramo_i$ = Longitud de cada tramo calificado.

$Long.Carretera$ = Longitud total de la carretera calificada.

n = Número de tramos que conforman la carretera calificada.

CAPITULO V

PROYECTO

1. RECOLECCIÓN DE DATOS

1.1. DATOS IN-SITU

En todos los elementos y sub-elementos a evaluar, la recolección de datos se efectuó en campo o in-situ realizando ensayos con sus respectivos equipos, u observando el estado físico de cada uno, logrando la obtención de valores necesarios para llegar al objetivo principal, el cálculo del Nivel de Servicio de la AGR.

1.1.1. CONDICIÓN DE LA CALZADA

Para cada elemento se describirá lo siguiente:

- Método de ensayo
- Equipo
- Unidad de muestreo
- Características generales
- Procedimiento
- Valores obtenidos en su respectivo formato

1.1.1.1 Elementos Funcionales

1.1.1.1.1 Rugosidad (IRI)

Método de Ensayo

Este ensayo consiste en medir las irregularidades de la superficie por la cual transitan los vehículos, es decir la diferencia entre el perfil longitudinal teórico con el perfil longitudinal real de la vía.

El proceso de medición del Índice de Regularidad Internacional se basa en la Norma de ASTM E 950, Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference, la cual abarca la medición y almacenamiento de datos de perfil medidos con base en una referencia inercial establecida por acelerómetros.

La medición del perfil longitudinal de la AGR se lo realizó utilizando el Perfilómetro Láser.

Equipo

- Perfilómetro Láser Dynatest, sus principales componentes son: software de altura, acelerómetros, sistema medidor de distancia y un computador con su respectivo software para el cómputo del perfil de la calzada.



FIGURA 41 – Perfilómetro Láser

Unidad de muestreo

El ensayo se realizó en toda la longitud de todos los carriles de la AGR, cada 10 metros. La distancia es escogida en el software del Perfilómetro.

Características Generales

Las principales características de la medición son las siguientes:

- Los datos de perfil longitudinal y transversal tienen una precisión de 0,1 mm.
- El perfilómetro toma 16000 mediciones de perfil por segundo y almacena los datos cada 25 mm.
- Los resultados van a depender del valor del intervalo de cálculo de IRI, en el caso de la AGR se lo realizó cada 10 m.

Procedimiento

El Perfilómetro laser produce medidas continuas del perfil longitudinal a altas velocidades a través de una creación de una referencia de un perfil inercial establecido por acelerómetros colocados en el vehículo para obtener el movimiento vertical del mismo y sensores de tipo láser que miden el desplazamiento relativo entre el vehículo y la superficie del pavimento.

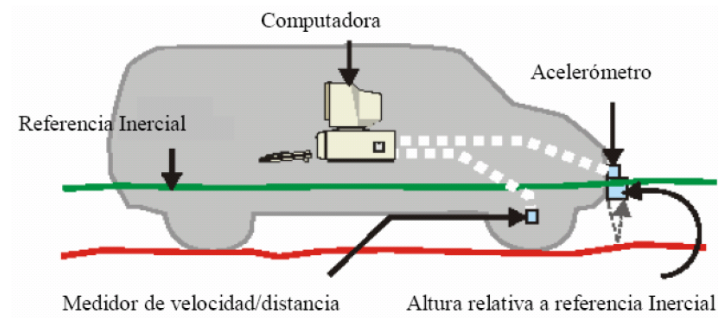


FIGURA 42 – Esquema del Perfilómetro Láser

Valores Obtenidos

El software del Perfilómetro nos da valores de la abscisa y 2 mediciones de IRI por punto. Son 2 valores de IRI ya que el equipo consta de 2 detectores láser. Sin embargo, para realizar los gráficos que a continuación se presentan se promedia los 2 valores del IRI de cada punto. Los cuadros de resultados por el IRI entregados por el programa del Perfilómetro se encuentran en el Anexo.

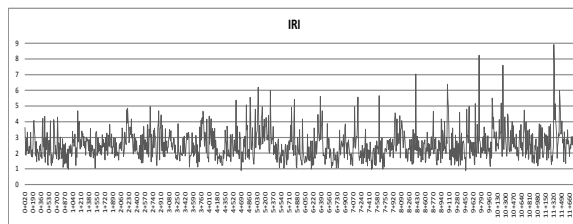


FIGURA 43 – IRI, Carril 1

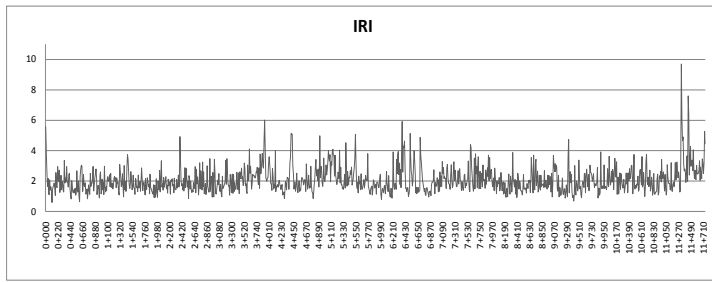


FIGURA 44 – IRI, Carril 2

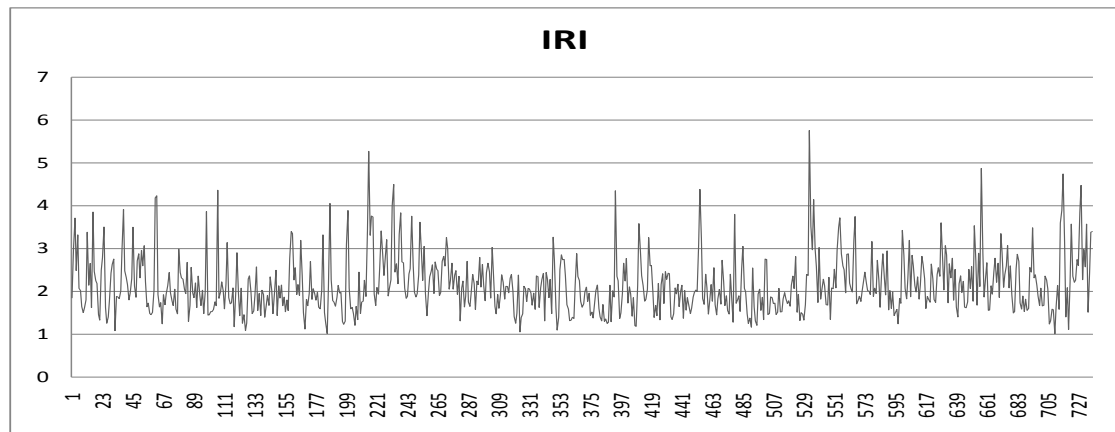


FIGURA 45 – IRI, Carril 3

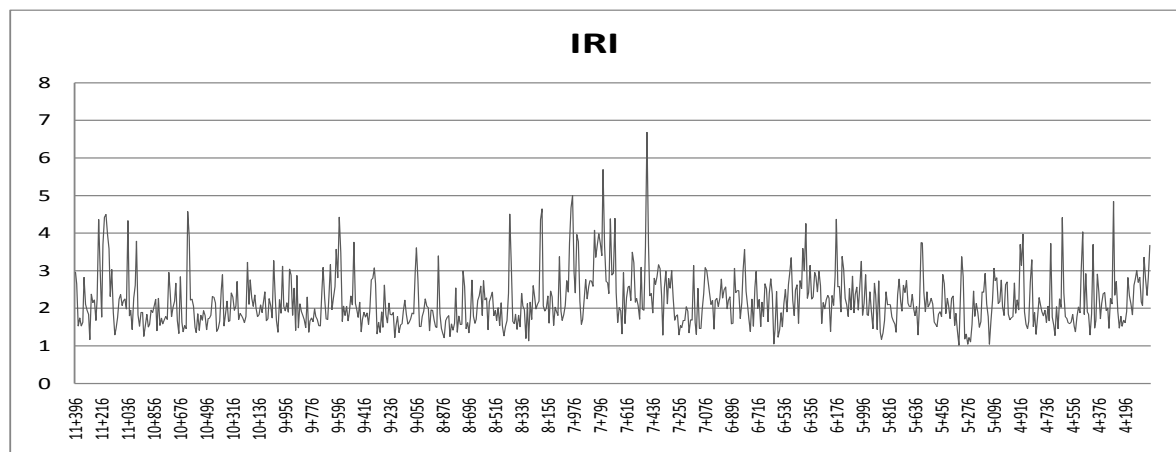


FIGURA 46 – IRI, Carril 4

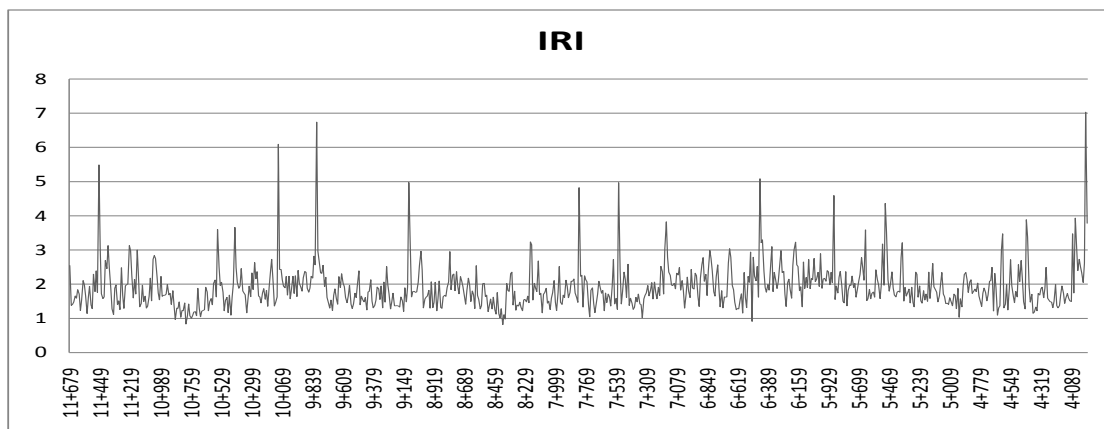


FIGURA 47 – IRI, Carril 5

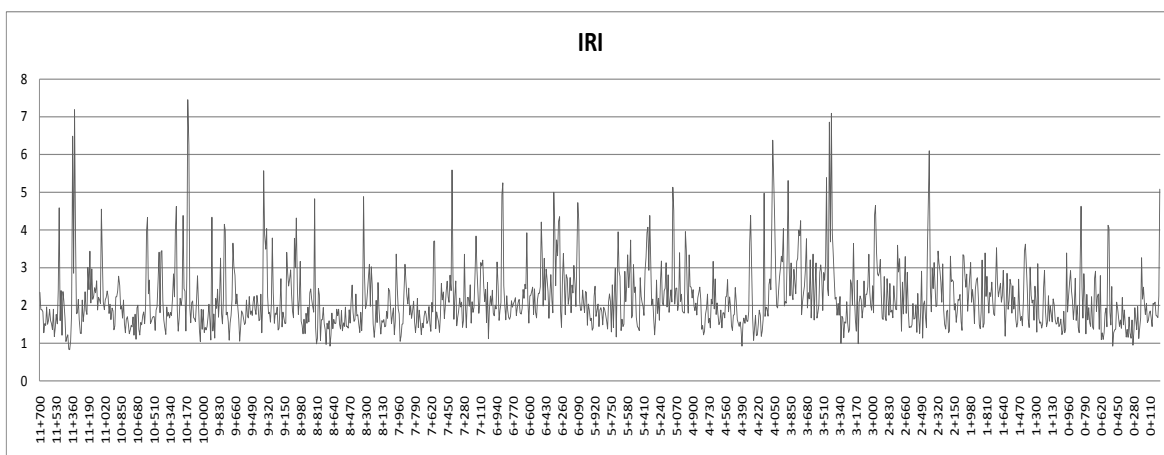


FIGURA 48 – IRI, Carril 6

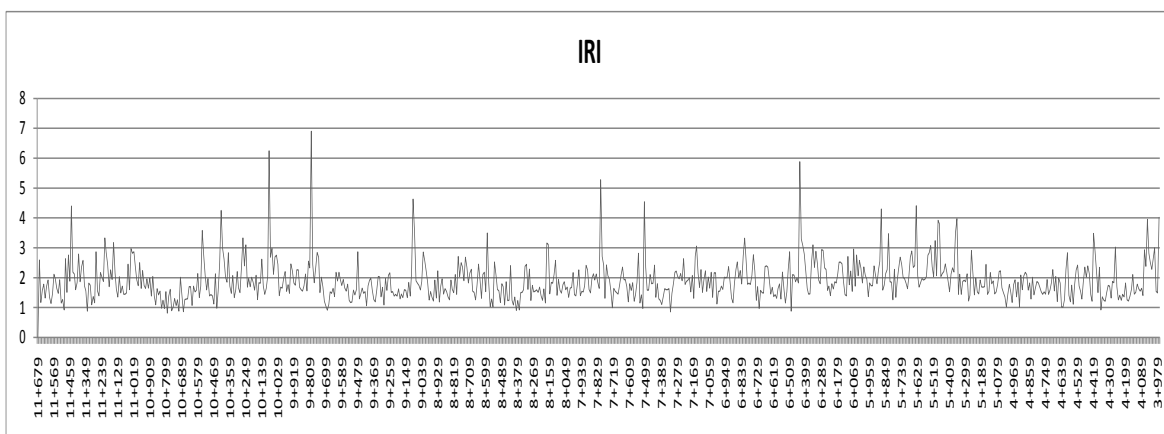


FIGURA 49 – IRI, Carril 7

1.1.1.1.2 Índice de Condición del Pavimento

Método de Ensayo

El tipo y la severidad de las fallas del pavimento son evaluadas mediante una inspección visual de las unidades de muestreo del pavimento, basándose en la norma ASTM, D 5340 – 93, Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys.

Equipo

- Hojas de datos: que contenga como mínimo la siguiente información: fecha, ubicación, abscisas, unidades de muestreo, tipos de fallas, nivel de severidad, cantidades y nombre del inspector.

CUADRO 26

HOJA DE DATOS PARA EL PCI

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO					
PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.					
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					ESQUEMA
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO			
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m ²)			
INSPECCIONADA POR		FECHA			
No.	Daño	No.	Daño		
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.		
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.		
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.		
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.		
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.		
6	Depresión.	16	Desplazamiento.		
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)		
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.		
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.		
10	Grietas long y transversal.				
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Valor deducido

- Odómetro
- Cinta métrica de 3 m.
- Regla de 30 cm. con una precisión de milímetro.
- Manual de daños de PCI¹.

Unidad de muestreo

Se divide la vía en unidades de muestreo, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía (tráfico) y de capa de rodadura. Para carreteras con capa de rodadura

¹ ASTM Standards, Designation D 5340 – 93, Appendixes, X1. Paviment Condition Index AC.

asfáltica y ancho menor que $8 \pm 1 \text{ m.}$, el área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $450,0 \pm 180 \text{ m}^2$.²

Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación

Existen 2 tipos de evaluación:

- En la “Evaluación de una Red” vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo.
- En la “Evaluación de un Proyecto” se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la siguiente ecuación, la cual produce un estimado del $\text{PCI} \pm 5$ del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2}$$

Donde:

n = Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N = Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e = Error admisible en el estimativo del PCI de la sección ($e = 5\%$)

σ = Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar del PCI de 10 para pavimento asfáltico.

Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco ($n < 5$), todas las unidades deberán evaluarse.

La Autopista General Rumiñahui consta de 2 cuerpos, del Intercambiador del Trébol (0+000) hasta la estación de peaje de la AGR (3+904) y de la estación de peaje al puente sobre el Río San Pedro (11+710). El primero se compone de 4 carriles, 2 por sentido, cada carril de 4,5 m de ancho. El segundo tiene 7 carriles divididos de la siguiente forma: Del peaje de la AGR al puente sobre el Río San Pedro son 4 carriles, 2 carriles de 3,70 m de ancho cada uno para tráfico pesado y entradas a barrios y conjuntos habitacionales aledaños y 2 carriles centrales de 3,75 m. de ancho cada uno para vehículos livianos con

² ASTM Standards, Designation D 5340 – 93, Terminology, pavement sample units.

salida única al puente sobre el Río San Pedro (Valle de los Chillos). Y del Río San Pedro al peaje son 3 carriles de 3,65 m. de ancho cada uno.

Siendo éstas las dimensiones de la AGR, se concluyó que la autopista se dividirá en 6 secciones con un área común de muestreo de 600 m² y un ancho variable que dependerá del ancho de la calzada como se muestra en el CUADRO 29 y 30.

Además, se considera como una evaluación de un proyecto, es decir que se deben inspeccionar todas las unidades de muestreo, sin embargo, se calculó el número mínimo de unidades de muestreo a evaluar para comprobar que todas las unidades necesitan ser evaluadas.-

CUADRO 27

UNIDADES MÍNIMAS DE MUESTREO

TRAMO 0+000 – 3+904

UNIDAD DE MUESTEO (m2): 600

LONGITUD DE LA VIA (m): 3910

SECCIÓN	CARRILES	0 + 000 - 3 + 910 m			
		Ancho	Longitud por unidad de muestreo	N (número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento)	n (número mínimo de unidades de muestreo a evaluar)
1	1 - 2	9	67	59	2
2	5 - 6	9	67	59	2
				117	2

CUADRO 28

UNIDADES MÍNIMAS DE MUESTREO

TRAMO 3+904 – 11+710

UNIDAD DE MUESTEO (m2): 600

LONGITUD DE LA VIA (m): 7800

SECCIÓN	CARRILES	3 + 910 - 11 + 710 m			
		Ancho	Longitud por unidad de muestreo	N (número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento)	n (número mínimo de unidades de muestreo a evaluar)
3	1 - 2	7,4	81	96	2
4	3 - 4	7,5	80	98	2
5	5 - 6	7,3	82	95	2
6	7	3,65	164	47	1
				336	4

Se comprobó que en todos los casos el número mínimo de unidades de muestreo a evaluar es menor que 5 ($n < 5$), inclusive sumando el número total de las unidades de

muestreo de todas las secciones de cada cuerpo de la Autopista el resultado fue menor a 5, entonces se deberá evaluar todas las unidades de muestreo.

Características Generales

En la Autopista General Rumiñahui se realizaron trabajos de Repavimentación desde el mes de Agosto del 2008 hasta Febrero del 2009, con excepción de los carriles 3 y 4, debido a que 2 años atrás en estos dos carriles se selló las fisuras y se colocó micropavimento.

CARRIL1 y 2: Estos carriles según su sentido de circulación, inician en el trébol con la abscisa 0+000 y terminando antes del puente sobre el Río San Pedro con la abscisa 11+710. El carril 1, para vehículos pesados, es el carril derecho y el carril 2 es el carril izquierdo por el cual circula vehículos livianos.

En el carril 1, la junta longitudinal de la carpeta fue deficientemente construida, presentando desniveles en gran parte; produciéndose posteriormente un fisuramiento paralela como consecuencia de la acción del tráfico vehicular y el agua lluvia, acentuándose en este carril debido a ser carril de vehículos pesados. Asimismo, la junta transversal está mal ejecutada formando abultamientos y hundimientos que no fueron corregidos en el momento de la colocación de la carpeta asfáltica.



FIGURA 50 – Desnivel en Junta Longitudinal, CARRIL 1 - 2

En estos carriles la mezcla asfáltica no es homogénea en su gran mayoría, es decir, se encontró escasez de material fino en la superficie de la calzada, provocando un desprendimiento de agregados. Esta ausencia de finos forma en la calzada unos huecos milimétricos y debido al tránsito vehicular origina fisuras longitudinales y transversales que en casos críticos la falla pasa de fisura a piel de cocodrilo. En estos sectores la

calzada presenta claras evidencias de permeabilidad, por lo tanto el agua lluvia se infiltra en la carpeta asfáltica, contribuyendo al avance progresivo de los daños.



FIGURA 51 – Desprendimiento de agregados, CARRIL 1 - 2

En el carril 1, se observó una fisura longitudinal que coincide con la señalización horizontal. La pintura, por estar compuesta por un solvente, siempre será la causante de esta falla. En este caso, la fisura se consideró como grieta de borde debido a que se encuentra a 50 cm del borde exterior de la calzada y las cargas del tránsito aceleran el daño.

CARRIL 3 y 4: Estos carriles según su sentido de circulación, inician en el peaje con la abscisa 3+904 y terminando antes del puente sobre el Río San Pedro con la abscisa 11+710. El carril 3 es el carril derecho y el carril 4 es el carril izquierdo, estos dos carriles son exclusivos de vehículos livianos.

Estos carriles se encuentran deteriorados en su totalidad. El daño es crítico, encontrándose fisuras longitudinales, transversales, parabólicas, desprendimiento de agregados (descascaramiento), y piel de cocodrilo.



FIGURA 52 – Grietas Longitudinales y Transversales, CARRIL 3 – 4



FIGURA 53 – Desprendimiento de agregados, CARRIL 3 – 4



FIGURA 54 – Grietas Parabólicas, CARRIL 3 – 4

CARRIL 5, 6 y 7: Los carriles 5 y 6, según su sentido de circulación, inician terminado el puente sobre el Río San Pedro con la abscisa 11+710 y terminan al llegar al Intercambiador del Trébol con la abscisa 0+000. El carril 7, según su sentido de circulación, inicia terminado el puente sobre el río San Pedro con la abscisa 11+710 y termina en el peaje con la abscisa 3+904. Los carriles 5 y 6 van de izquierda a derecha respectivamente, por el cual circulan vehículos livianos, mientras que el carril 7, para vehículos pesados, es el carril derecho.

El carril 5 y la mitad de carril 6, desde la abscisa 11+710 hasta la 10+275, fueron recapeados o reforzados con un material diferente al restante de la calzada, observando en los segundos, fallas como desprendimiento de agregados, fisuras longitudinales y transversales, acentuándose en el carril externo o número 7 debido a la circulación de vehículos pesados. Sin embargo estas fallas continúan a lo largo de todo el carril 7, pero en menor intensidad.



FIGURA 55 – Diferente tipo de agregado en la calzada, CARRIL 5 – 6 – 7

Existen corrimientos en unas secciones del pavimento debido al exceso de asfalto en la mezcla.



FIGURA 56 – Corrimiento, CARRIL 5 – 6 – 7

Procedimiento

Con todo el equipo listo, se procedió a la inspección comenzando desde la sección 1 y así consecutivamente. Con el odómetro se fue midiendo las longitudes de las unidades de muestreo, señalándolas con pintura para mejorar la visualización de cada una de ellas. Se registró la información de cada unidad de muestreo en el formato correspondiente y con ayuda del Manual de Daños del PCI se clasificó las fallas encontradas, la severidad y la cantidad siguiendo estrictamente las definiciones. Se cuantificó las fallas con el odómetro en distancias largas y con la cinta métrica para distancias cortas tomando en cuenta la unidad de medida.

Fueron 453 unidades de muestreo inspeccionadas y evaluadas, las cuales se las puede consultar en el ANEXO, el cual no está incluido en este documento debido a su extensión.

Se cumplió con todas las medidas de seguridad para el desplazamiento en la vía, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía.

1.1.1.1.3 Resistencia al Deslizamiento

Método de Ensayo

Este ensayo consiste en medir la pérdida de energía del péndulo de fricción TRRL (Transport Road Research Laboratory), provisto en su extremo de una zapata de goma, cuando la arista de la zapata roza, con una presión determinada, sobre la superficie a

ensayar y en una longitud fija, basándose en la norma ASTM E 303-93, Standard Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester.

La zapata de goma representa al neumático de un vehículo. Así, la pérdida de energía es la resistencia al deslizamiento (Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento, CRD).

Equipo

- Hojas de datos: que contenga como mínimo la siguiente información: fecha, ubicación, abscisas, punto, temperatura del agua, coeficiente (c1-c4).
- Péndulo de Fricción del TRRL.
- Reglilla graduada.
- Termómetro.
- Recipientes para agua.
- Agua.
- Cepillo.
- Cinta métrica de 15m.
- Banco.
- Chalecos y conos reflectivos.

Unidad de muestreo

La resistencia al deslizamiento de algunos materiales varía considerablemente en un mismo perfil transversal del pavimento, es por esto que se realizó los ensayos en la zona más transitada, es decir en el carril de vehículos pesados.

El ensayo se realizó aproximadamente cada 500 metros. La localización de los puntos de ensayo fue representativa. En cada abscisa se analizó 3 puntos. El número de ensayos necesarios para obtener un valor del CRD en cada punto fue de 4. Es decir que se realizaron 12 mediciones por abscisa, según la norma de ensayo.

Características Generales

Los valores obtenidos en la medición de la Resistencia al Deslizamiento no tuvieron mucha variación. La duración del ensayo en campo fue de 10 días, trabajando de 10 de la mañana a 4 de la tarde. La calibración en cada punto del equipo dilató los tiempos

previstos para el ensayo. Los ensayos, en su mayoría, se los realizó en los carriles de vehículos pesados, tanto Quito-Valle y viceversa.

Procedimiento

El péndulo y el resto del equipo se transportó en una camioneta. Además se incluyó chalecos reflectivos para protección del personal que realizaron el ensayo, y conos de seguridad para desviar el tráfico vehicular en la zona de estudio.

Iniciando en la abscisa 0+000, se realizó el primer ensayo. Ubicando los conos para seguridad de los operantes, se procedió a colocar el péndulo de fricción en la superficie de la calzada, el cual debe estar paralelo al sentido de circulación y en las zonas de mayor tráfico vehicular.

Se calibran los tornillos niveladores de manera que la columna soporte del péndulo quede vertical. Se levanta el eje de suspensión del péndulo para que el brazo oscile libremente.

Se ajusta la altura del brazo del péndulo de forma que la zapata en su contacto sobre la superficie del ensayo, recorra una longitud entre 124 y 127 mm. La longitud de rozamiento será la distancia entre los 2 bordes de contacto en el recorrido de la zapata sobre la superficie. La longitud de rozamiento correcta, se comprueba utilizando la reglilla. Siempre que sea preciso, la corrección de la longitud de rozamiento se efectuará con pequeños desplazamientos de elevación o descenso verticales de la cabeza del péndulo.

Una vez montado el aparato, comprobado el cero, se sitúa el brazo del péndulo y la aguja disparadora en posición de disparo.

Se humedecen abundantemente las superficies de ensayo y de la zapata tomando previamente la temperatura del agua con el termómetro y se anota en la hoja de datos.

Se procede entonces a realizar las medidas, liberando el péndulo y la aguja de su posición horizontal. Para ello se dispara el botón de sujeción, con lo que el péndulo efectúa una oscilación arrastrando a la aguja que marcara un valor sobre la escala K. Se recoge con la mano el péndulo en los comienzos de su oscilación de retorno y se anota el valor obtenido redondeando al número entero más próximo. Se lleva el péndulo y la aguja a la posición original utilizando la palanca de elevación de la zapata.

Se repite la medida 4 veces sobre cada punto (3 puntos por abscisa), siempre en las mismas condiciones descritas. Si la diferencia entre las medidas de cada punto es mayor

de 3 unidades, se continúa realizando medidas hasta que cuatro consecutivas no difieran de 3 unidades.

El ensayo se realizó en aproximadamente cada 500 metros, desde la 0+000 hasta la 11+710, en el sentido Quito – Valle de los Chillos. Y cada kilómetro aproximadamente, desde la 11+710 hasta la 0+000 en el sentido Valle – Quito. En algunas ocasiones supera la distancia requerida debido a la dificultad de realizar los ensayos y la falta de seguridad para los operantes.

Valores Obtenidos

CUADRO 29

COEFICIENTES DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO OBTENIDOS MEDIANTE EL
PENDULO TRRL

Abscisa	Punto	temp agua [°C]	Coeficiente			
			c1	c2	c3	c4
Sentido Quito - Valle de los Chillos						
0+000	1	23,0	63,0	64,0	63,0	63,0
0+000	2	23,0	61,0	60,0	60,0	60,0
0+000	3	24,0	60,0	61,0	62,0	61,0
0+500	4	20,0	59,0	60,0	59,0	60,0
0+500	5	20,5	63,0	61,0	63,0	63,0
0+500	6	20,0	59,0	58,0	59,0	59,0
2+040	7	20,8	62,0	60,0	61,0	61,0
2+040	8	21,3	63,0	64,0	63,0	63,0
2+040	9	21,1	64,0	64,0	64,0	64,0
2+598	10	21,0	62,0	61,0	61,0	61,0
2+598	11	24,0	62,0	61,0	60,0	61,0
2+598	12	25,0	62,0	64,0	63,0	63,0
3+270	13	16,0	59,0	58,0	59,0	59,0
3+270	14	17,0	59,0	58,0	59,0	59,0
3+270	15	18,0	58,0	57,0	58,0	57,0
3+725	16	18,0	62,0	63,0	64,0	63,0
3+725	17	18,5	64,0	64,0	64,0	64,0
3+725	18	19,5	65,0	65,0	65,0	64,0
4+042	19	18,0	60,0	60,0	62,0	61,0
4+042	20	19,0	61,0	60,0	61,0	60,0
4+042	21	17,0	58,0	57,0	57,0	57,0
4+590	22	19,0	55,0	56,0	56,0	56,0
4+590	23	17,0	61,0	60,0	62,0	61,0
4+590	24	18,5	58,0	59,0	59,0	58,0
5+010	25	18,0	57,0	57,0	58,0	58,0

5+010	26	19,0	58,0	59,0	59,0	58,0
5+010	27	19,5	60,0	60,0	61,0	60,0
5+530	28	18,0	60,0	60,0	59,0	59,0
5+530	29	19,0	59,0	59,0	58,0	59,0
5+530	30	18,0	58,0	58,0	59,0	59,0
6+050	31	20,0	61,0	61,0	60,0	62,0
6+050	32	20,5	62,0	63,0	62,0	62,0
6+050	33	21,0	54,0	63,0	63,0	62,0
6+565	34	20,0	61,0	61,0	60,0	62,0
6+565	35	20,5	62,0	63,0	62,0	62,0
6+565	36	21,0	64,0	63,0	63,0	62,0
7+101	37	20,0	58,0	59,0	59,0	59,0
7+101	38	21,0	59,0	57,0	57,0	58,0
7+101	39	21,0	60,0	59,0	59,0	59,0
7+570	40	19,5	57,0	57,0	58,0	56,0
7+570	41	21,0	62,0	60,0	63,0	61,0
7+570	42	21,5	61,0	62,0	61,0	62,0
8+067	43	21,0	62,0	63,0	63,0	64,0
8+067	44	21,0	64,0	63,0	63,0	63,0
8+067	45	23,0	60,0	63,0	63,0	63,0
8+586	46	21,0	60,0	61,0	62,0	63,0
8+586	47	22,5	63,0	62,0	65,0	64,0
8+586	48	22,5	64,0	63,0	65,0	64,0
9+030	49	23,5	60,0	61,0	61,0	60,0
9+030	50	24,0	60,0	61,0	59,0	60,0
9+030	51	24,0	64,0	63,0	63,0	64,0
9+545	52	23,5	65,0	65,0	64,0	66,0
9+545	53	24,5	65,0	65,0	66,0	66,0
9+545	54	25,0	65,0	65,0	65,0	64,0
10+073	55	21,0	64,0	65,0	63,0	64,0
10+073	56	21,5	65,0	64,0	64,0	63,0
10+073	57	22,0	66,0	66,0	66,0	64,0
10+595	58	23,5	60,0	61,0	63,0	63,0
10+595	59	21,5	65,0	64,0	62,0	62,0
10+595	60	23,0	60,0	60,0	62,0	61,0
11+112	61	24,0	61,0	61,0	63,0	64,0
11+112	62	24,0	65,0	65,0	62,0	63,0
11+112	63	24,0	61,0	61,0	62,0	62,0
Sentido Valle de los Chillos – Quito						
11+279	1	22,5	61,0	61,0	60,0	61,0
11+279	2	23,0	63,0	62,0	60,0	60,0
11+279	3	23,0	62,0	61,0	60,0	61,0
10+220	4	21,0	64,0	65,0	63,0	63,0
10+220	5	20,5	66,0	68,0	67,0	68,0

10+220	6	21,0	67,0	68,0	65,0	65,0
9+303	7	20,0	59,0	59,0	58,0	59,0
9+303	8	21,0	60,0	60,0	59,0	60,0
9+303	9	20,5	58,0	57,0	57,0	58,0
8+305	10	21,0	61,0	60,0	61,0	61,0
8+305	11	22,0	63,0	61,0	62,0	61,0
8+305	12	21,5	65,0	65,0	64,0	65,0
7+139	13	22,0	60,0	58,0	59,0	59,0
7+139	14	22,0	58,0	58,0	60,0	57,0
7+139	15	22,0	62,0	63,0	63,0	64,0
6+300	16	22,0	56,0	57,0	56,0	57,0
6+300	17	22,5	55,0	56,0	56,0	57,0
6+300	18	23,5	57,0	58,0	58,0	56,0
5+115	19	23,0	61,0	61,0	62,0	62,0
5+115	20	24,0	61,0	60,0	62,0	60,0
5+115	21	24,0	63,0	64,0	62,0	61,0
4+279	22	22,5	60,0	62,0	61,0	60,0
4+279	23	23,0	64,0	63,0	62,0	62,0
4+279	24	23,5	60,0	61,0	63,0	61,0
3+737	25	24,0	62,0	60,0	61,0	61,0
3+737	26	21,5	61,0	62,0	61,0	59,0
3+737	27	22,5	63,0	65,0	60,0	62,0
2+851	28	23,0	65,0	65,0	66,0	65,0
2+851	29	22,0	63,0	63,0	64,0	63,0
2+851	30	23,0	63,0	63,0	63,0	62,0
2+040	31	24,5	58,0	57,0	56,0	57,0
2+040	32	25,5	57,0	56,0	58,0	57,0
2+040	33	26,0	56,0	57,0	55,0	57,0
1+539	34	23,0	59,0	60,0	60,0	59,0
1+539	35	23,5	62,0	63,0	62,0	63,0
1+539	36	25,0	58,0	57,0	58,0	57,0

1.1.1.2 Elementos Estructurales

1.1.1.2.1 Deflexión Máxima

Método de Ensayo

Este método de ensayo describe la medición de la respuesta de la deformación vertical de la superficie a una carga de impulso aplicado a la superficie del pavimento. Las deformaciones verticales se miden en el eje de carga y en los puntos espaciados radialmente hacia fuera desde el eje de carga.

El procedimiento de medición se realiza con base en la Norma ASTM D 4694 “Standard Test Method for Deflections with a Falling Weight Type Impulse Load Device”.

Equipo

El Deflectómetro FWD es un ensayo no destructivo (NDT) y dispositivo no intrusivo. El FWD ha sido ampliamente utilizado en la ingeniería de pavimentos para evaluar el estado estructural del pavimento. El FWD desempeña un papel crucial en la selección óptima del mantenimiento y las estrategias de rehabilitación de un pavimento.

Los componentes del equipo son los siguientes:

- Plato de carga segmentado.
- 7 sensores para medir deflexión (en el plano “xy”).
- 1 sensor para registrar la temperatura del aire.
- 1 sensor para registrar la temperatura de la superficie del pavimento.
- Dispositivo para medición de distancia.
- 1 GPS (Sistema de Posicionamiento Global), opcional.
- Sistema de almacenamiento y procesamiento de datos.
- Elemento de carga.
- Dispositivo de generación de fuerza.

Unidad de muestreo

Las mediciones de deflexiones se realizaron en todos los carriles de la AGR cada 100 metros, 3 veces en cada punto, con una carga de 9 libras.

Características Generales

Este ensayo se lo realizó en la AGR los días 10, 11 y 12 de diciembre con el equipo de propiedad de la EMOP, quien facilitó al HCPP el equipo y sus operarios para la evaluación de la capacidad estructural de la autopista. Ensayo que fue de gran utilidad para la realización de este trabajo.

Procedimiento

Se transportó el equipo a la localización del ensayo y se colocó el plato de carga sobre el punto deseado. Previo a la realización del ensayo, se barrió el área a ensayar, eliminando rocas e impurezas para asegurar que el plato de carga este apropiadamente asentado.

Se descendió el plato de carga y los sensores asegurando que estén asentados sobre una superficie firme y estable.

Se sube el peso a la altura deseada para luego dejarlo caer, grabando los resultados de deflexión máxima y carga máxima.

Se realizó la prueba 3 veces en cada punto para comparar los resultados ya que estos deben variar máximo un 3 % para cualquier sensor.

Esta prueba se completó en menos de dos minutos por punto.

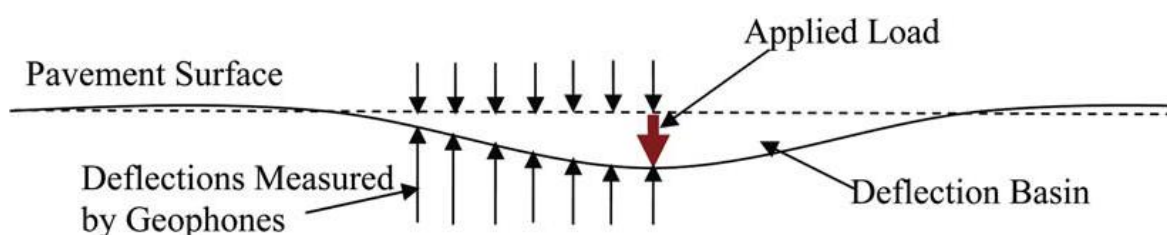


FIGURA 57 – Esquema de carga y medición de la deflexión con el FWD

Valores Obtenidos

Los valores arrojados por el programa por punto son: Abscisa, carga en libras, 7 deflexiones medidas por los 7 sensores y temperatura en grados Fahrenheit. Es así que se obtuvieron aproximadamente 1800 puntos a lo largo de la AGR. Estos resultados se los podrá consultar en el ANEXO, no incluidos por su extensión.

1.1.2. ESTRUCTURAS DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS VIALES

Las estructuras de drenaje y las estructuras viales deben estar siempre limpias y libres de obstáculos para permitir que el flujo de agua siga su camino sin interrupción evitando el colapso del sistema en la carretera. Para esto el mantenimiento de la vía y de los elementos que la conforman debe realizarse en forma constante y meticulosa.

Es así, que se realizó una inspección visual de cada elemento, evaluando minuciosamente cada componente, la condición actual, el funcionamiento, % de daños, entre otros, según sea el parámetro necesario para la calificación del elemento.

Para cada elemento se detallará los siguientes puntos:

- Número de elementos
- Característica del elemento
- Procedimiento de evaluación

- Valores obtenidos en su respectivo formato

1.1.2.1 Puentes

Los puentes que deben ser evaluados en la AGR o en cualquier carretera en general son aquellos que formen parte de la calzada, es decir que unan dos tramos de la carretera. En el caso de la AGR existe tan solo un puente que cumpla con esta condición, sin embargo se citarán todos los puentes que por la autopista crucen para prevenir o informar daños presentados en los puentes. Cabe recalcar que la calificación será del puente que forme parte de la autopista, es decir del puente de Guangopolo.

Número de elementos

Los puentes que forman parte de la Autopista General Rumiñahui según su uso son:

- Carreteros (6):
 - Puente para el ingreso y salida de Alma Lojana (1)
 - Puentes de la Avenida Simón Bolívar (2)
 - Puente para el ingreso y salida de Guangopolo (1)
 - Puentes para el ingreso y salida de la Armenia y Conocoto (2)
- Ferrocarrilero (1)
- Peatonales (14)

Características de los puentes

- Puente para el ingreso y salida de Alma Lojana: El puente se encuentra sobre la AGR y está constituido de hormigón armado. El puente según el tipo de superestructura en lo que respecta a la sección transversal es un puente losa macizo, y según el tipo de superestructura longitudinal es hiperestático. Las pilas exteriores del puente son tipo pantalla, ya que el cuerpo está constituido por una pantalla maciza de hormigón armado, y la pila interior es tipo columna, es decir, el cuerpo de la pila está constituido por dos columnas inclinadas. El tablero soporta la carga de los vehículos que ingresan al sector de Alma Lojana. Además sirve de paso para los peatones que circulan por la acera del tablero resguardada con sus respectivas barandas.



FIGURA 58 – Puente de Alma Lojana

- Puentes de la Avenida Simón Bolívar: Son dos puentes ubicados contiguamente y con idénticas características. Los puentes se encuentran sobre la AGR y están constituidos de hormigón armado. Los puentes según el tipo de superestructura en lo que respecta a la sección transversal son puentes de vigas simples macizas, y según el tipo de superestructura longitudinal son isostático continuo. Las pilas exteriores y las pilas interiores son tipo columna, es decir que el cuerpo de la pila está constituido por varias columnas. Los tableros soportan la carga de los vehículos que transitan por la Avenida Simón Bolívar, el uno con destino sur y el otro con destino norte de Quito. Además sirve de paso para los peatones que circulan por las aceras ubicadas en los laterales del tablero resguardada con sus respectivas barandas.



FIGURA 59 – Puente de la Avenida Simón Bolívar

- Puente para el ingreso y salida de Guangopolo: El puente es el único que forma parte de la calzada de la AGR, siendo este el único que servirá para la obtención del Nivel de Servicio de la autopista. Está constituido de hormigón armado y según el tipo de superestructura en lo que respecta a la sección transversal es un puente losa macizo,

y según el tipo de superestructura longitudinal es pórtico. Las pilas del puente son tipo pantalla, es decir que el cuerpo está constituido por una pantalla maciza de hormigón armado. El tablero soporta la carga de los vehículos que transitan por la AGR. Además sirve de paso para los peatones que circulan por la acera del tablero, paso resguardado con sus respectivas barandas. El ingreso y salida del sector de Guangopolo es la calzada que se encuentra debajo del puente.



FIGURA 60 – Puente de Guangopolo

- Puente para el ingreso y salida de la Armenia y Conocoto: Son dos puentes ubicados contiguamente y con distintas características. Los puentes se encuentran sobre la AGR y están constituidos de hormigón armado. El puente derecho según el tipo de superestructura en lo que respecta a la sección transversal es un puente de losa macizo, y según el tipo de superestructura longitudinal es pórtico. Las pilas del puente son tipo pantalla, es decir que el cuerpo está constituido por una pantalla maciza de hormigón armado. El puente izquierdo según el tipo de superestructura en lo que respecta a la sección transversal es un puente losa macizo, y según el tipo de superestructura longitudinal es un pórtico. Se compone de pilas compuestas e inclinadas, es decir tipo columna y tipo pantalla. Los tableros soportan la carga de los vehículos que ingresan o salen de la población de Conocoto o la Armenia. Además sirve de paso para los peatones que circulan por las aceras ubicadas en los laterales del tablero resguardada con sus respectivas barandas.



FIGURA 61 – Puente de Conocoto

- Puente del paso del ferrocarril: Este puente se encuentra sobre la AGR y está constituido de hormigón armado. El puente según el tipo de superestructura en lo que respecta a la sección transversal es un puente losa macizo, y según el tipo de superestructura longitudinal es un pórtico. Se compone de pilas compuestas e inclinadas, es decir tipo columna y tipo pantalla. Los tableros fueron diseñados para soportar en paso del tren, sin embargo sirve de paso para las personas que se dirigen a los barrios aledaños a la AGR.



FIGURA 62 – Puente del Ferrocarril

- Puentes peatonales: Son 14 los puentes peatonales en la AGR, los cuales brindan seguridad al peatón que cruza la calzada para dirigirse a los barrios aledaños a la autopista. Nueve de estos puentes fueron iluminados y cubiertos en caso de lluvia para brindar un mejor servicio al peatón.



FIGURA 63 – Puente Peatonal

Procedimiento

Se realizó un recorrido por todos los puentes existentes en la autopista, inspeccionando visualmente todos los componentes constructivos del puente, es decir, la superestructura, infraestructura, accesos de cada uno de ellos y también su funcionamiento. Además se tomo fotos para realizar un examen más preciso de los elementos del puente y observar con más claridad las posibles fallas del puente y así no pasar ningún detalle por alto.

También se debería evaluar, si es que fuese el caso, el funcionamiento del cauce, sin embargo ninguno de los puentes que se encuentran en la autopista atraviesan un río. Estos puentes sirven simplemente de acceso a las poblaciones aledañas, evitando accesos a nivel de la autopista.

En el formato de calificación se asignó un valor de 0-5 para cada parámetro de evaluación según la condición actual del puente y su funcionamiento.

Valores Obtenidos

CUADRO 30

EVALUACIÓN DEL PUENTE DE GUANGOPOLO DE LA AGR

Condición Actual del Puente	
<i>Componente Principal</i>	<i>Calificación (0 - 5)</i>
Superestructura	4,5
Infraestructura	4,4
Accesos	4
Funcionamiento del Puente	
<i>Componente Principal</i>	<i>Calificación (0 - 5)</i>
Funcionamiento	4,8

1.1.2.2 Alcantarillas de Cajón

Número de elementos

Las Alcantarillas de Cajón que forman parte de la AGR son 3. Estas alcantarillas son los colectores de las aguas lluvias y de las aguas servidas de las población colindantes.

Características

La primera alcantarilla de cajón se encuentra ubicada en la abscisa 1+137, es de hormigón simple y sus dimensiones son de 800 mm * 800 mm. Es un colector de aguas lluvias.

La segunda alcantarilla de cajón se encuentra ubicada en la abscisa 3+280, es de hormigón simple y sus dimensiones son de 1000 mm * 1000 mm. Es un colector de aguas lluvias.

La tercera alcantarilla de cajón se encuentra ubicada en la abscisa 7+159, es de hormigón simple, esta alcantarilla es inaccesible. Es un colector de aguas lluvias y servidas.

Procedimiento

Se realizó un recorrido por las alcantarillas de cajón de la autopista, inspeccionando los componentes constructivos de la misma visualmente, es decir, la estructura, las aletas, el replantillo además de su funcionamiento. Cabe recalcar que algunas alcantarillas de cajón son inaccesibles por lo tanto se evaluó en base a su funcionamiento. También se tomo fotos para confirmar el estado de las alcantarillas y observar con más claridad las posibles obstrucciones o fallas encontradas.

Valores Obtenidos

CUADRO 31

EVALUACIÓN DE LAS ALCANTARILLAS DE CAJÓN DE LA AGR

ABSCISA	LONGITUD (m)	CONDICION ACTUAL			FUNCIONAMIENTO
		ESTRUCTURAS Valor relativo = 0,4	ALETAS Valor relativo = 0,24	REPLANTILLO Valor relativo = 0,16	
1+137	48	3,8	3,7	4,1	4
3+280	62	3,9	3,6	4,2	3,9
7+159	68	3,5	3,2	3,6	3,8

1.1.2.3 Alcantarillas

Número de elementos

Las Alcantarillas que forman parte de la AGR son 55. Todas las alcantarillas son de sección circular y de aguas lluvias; y 29 de ellas también sirven para las aguas servidas de las población colindantes.

Características

En el siguiente cuadro se detallan las alcantarillas:

CUADRO 32

CARACTERÍSTICAS DE LAS ALCANTARILLAS DE LA AGR

NUMERO DE ALCANTARILLA	ABSCISA	TIPO DE ALCANTARILLA	TIPO DE DESCARGA		DIAMETRO mm
			AGUAS LLUVIAS	AGUAS SERVIDAS	
SENTIDO QUITO - VALLE DE LOS CHILLOS					
1	0+002	Tubería de Ármico	si	no	900
2	0+165	Tubería de Ármico	si	si	1000
3	0+380	Tubería de Ármico	si	si	1000
4	0+506	Tubería de Hormigón	si	si	1000
5	0+618	Tubería de Hormigón	si	si	1000
6	0+853	Tubería de Hormigón	si	no	1000
7	1+078	Tubería de Hormigón	si	si	1000
8	1+245	Tubería de Hormigón	si	si	900
9	1+761	Tubería de Hormigón	si	no	800
10	1+828	Tubería de Hormigón	si	no	800
11	1+300	Tubería de Hormigón	si	no	800
12	3+690	Tubería de Hormigón	si	no	900
13	4+620	Tubería de Ármico	si	si	1400

14	4+782	Tubería de Hormigón y Ármico	si	si	1000
15	4+822	Tubería de Hormigón	si	si	1000
16	5+391	Tubería de Ármico	si	si	1000
17	5+512	Tubería de Ármico	si	si	1000
18	5+955	Tubería de Ármico	si	si	1000
19	6+070	Tubería de Ármico	si	si	1000
20	6+303	Tubería de Ármico	si	si	1000
21	6+661	Tubería de Ármico	si	no	1000
22	6+784	Tubería de Ármico	si	no	1000
23	7+085	Tubería de Hormigón	si	si	1000
24	7+360	Tubería de Hormigón	si	no	800
25	7+778	Tubería de Ármico	si	si	1000
26	8+848	Tubería de Ármico	si	no	1000
27	9+022	Tubería de Hormigón	si	no	900
28	10+670	Tubería de Hormigón	si	no	800
29	10+796	Tubería de Hormigón	si	no	800
30	11+190	Tubería de Hormigón	si	si	900
31	11+556	Tubería de Hormigón	si	no	900
SENTIDO VALLE DE LOS CHILLOS - QUITO					
32	10+954	Tubería de Hormigón	si	si	900
33	9+950	Tubería de Hormigón	si	si	900
34	9+543	Tubería de Hormigón	si	si	900
35	8+986	Tubería de Hormigón	si	no	900
36	8+666	Tubería de Hormigón	si	si	900
37	8+466	Tubería de Hormigón	si	si	900
38	8+305	Tubería de Hormigón	si	no	900
39	8+227	Tubería de Hormigón	si	no	1000
40	8+106	Tubería de Hormigón	si	no	900
41	7+953	Tubería de Hormigón	si	no	900
42	7+717	Tubería de Hormigón	si	no	1000
43	5+189	Tubería de Hormigón	si	si	900
44	4+396	Tubería de Hormigón	si	si	900
45	4+241	Tubería de Hormigón	si	no	900
46	3+673	Tubería de Hormigón	si	no	900
47	3+196	Tubería de Hormigón	si	si	800
48	2+830	Tubería de Hormigón	si	si	1000
49	2+740	Tubería de Hormigón	si	si	800
50	2+598	Tubería de Hormigón	si	si	1000
51	2+186	Tubería de Hormigón	si	no	1000
52	1+871	Tubería de Hormigón	si	no	1000
53	1+771	Tubería de Hormigón	si	no	1000
54	0+469	Tubería de Hormigón	si	no	800

55	0+165	Tubería de Hormigón	si	no	800
----	-------	---------------------	----	----	-----

Las alcantarillas de la AGR se encuentran todas ellas funcionando, sin embargo se encontró basura en su mayoría. La basura encontrada es mínima pero en un futuro puede llegar a tapar la alcantarilla si no se realiza un mantenimiento oportuno.



FIGURA 64 – Alcantarillas de la AGR

Procedimiento

Se realizó un recorrido por las alcantarillas de la autopista, inspeccionando visualmente la condición actual y el funcionamiento de la tubería de conducción, la estructura de entrada y la estructura de salida de aquellas que se pudo estudiar. También se tomaron fotos para confirmar el estado de las alcantarillas y observar con más claridad las posibles obstrucciones o fallas encontradas.

Valores Obtenidos

CUADRO 33

EVALUACIÓN DE LAS ALCANTARILLAS DE LA AGR

ABSCISA	LONGITUD (m)	CONDICION ACTUAL			FUNCIONAMIENTO		
		TUB. CONDUCCIÓN	EST. ENTRADA	EST. SALIDA	TUB. CONDUCCIÓN	EST. ENTRADA	EST. SALIDA
		Valor relativo = 0,36	Valor relativo = 0,16	Valor relativo = 0,16	Valor relativo = 0,16	Valor relativo = 0,08	Valor relativo = 0,08
0+002	60	3,8	3,7	4,1	3,5	4,1	2,7
0+165	25	2,9	3,6	4,2	3,8	3,3	3,6
0+380	26	3,5	3,2	3,6	3,6	3,8	3,7
0+506	30	3,3	3,6	3,9	3,4	3,6	4,0
0+618	35	3,7	3,2	3,8	3,1	3,3	4,2

0+853	38	2,8	2,9	4,0	2,9	3,8	3,0
1+078	40	3,6	3,5	3,3	2,7	3,5	3,5
1+245	40	4,1	3,3	3,8	3,6	3,3	3,8
1+761	35	3,2	3,4	3,5	3,9	3,2	3,6
1+828	35	2,6	3,4	3,5	3,5	2,9	3,4
1+300	48	3,9	2,6	3,3	3,3	3,2	3,1
3+690	40	2,7	3,9	3,2	3,4	2,6	2,9
4+620	40	3,6	3,7	2,9	3,4	3,9	3,3
4+782	42	3,7	3,6	3,2	2,6	2,7	3,2
4+822	45	4,0	3,8	2,6	3,9	3,6	2,9
5+391	30	4,2	3,3	3,9	3,7	3,7	3,5
5+512	32	3,0	4,1	2,7	3,6	4,2	3,3
5+955	35	3,5	3,3	3,6	3,8	3,0	3,4
6+070	65	3,8	3,8	3,7	3,3	3,5	3,4
6+303	40	3,6	3,6	3,5	4,2	3,8	2,6
6+661	40	3,4	3,3	3,8	3,0	3,6	3,9
6+784	35	3,1	3,8	3,6	3,5	3,4	3,7
7+085	32	2,9	3,0	3,4	3,8	3,1	3,6
7+360	38	2,7	3,5	3,1	3,6	2,9	3,8
7+778	55	3,6	3,8	2,9	3,4	3,5	3,3
8+848	58	3,9	3,6	2,7	3,1	3,3	3,8
9+022	62	3,5	3,4	3,6	2,9	3,4	4,0
10+670	45	3,6	3,1	3,9	4,1	3,4	3,3
10+796	42	3,3	2,9	2,7	3,2	2,6	3,8
11+190	35	3,1	2,7	3,6	2,6	3,9	3,6
11+556	35	4,3	3,8	3,7	3,9	3,7	3,5
10+954	40	3,9	4,0	4,0	2,7	3,6	3,3
9+950	42	4,1	3,3	4,2	3,6	3,8	3,2
9+543	45	3,6	3,8	3,0	3,7	3,3	2,9
8+986	48	3,9	3,6	3,5	2,7	3,5	3,3
8+666	50	3,7	3,5	3,8	3,5	3,8	3,6
8+466	50	3,8	3,3	3,6	3,5	3,6	4,1
8+305	65	4,0	3,2	2,7	3,3	3,4	3,2
8+227	62	3,3	2,7	3,5	3,6	3,1	2,6

8+106	60	3,8	3,6	3,5	3,8	2,9	3,9
7+953	55	3,6	3,7	3,8	3,3	2,7	2,7
7+717	55	3,5	4,0	4,1	4,0	3,6	3,6
5+189	52	3,3	4,2	3,3	3,5	3,9	3,7
4+396	62	3,2	3,0	3,8	3,5	2,9	2,7
4+241	45	2,9	3,5	3,6	3,8	3,6	3,5
3+673	40	3,5	3,8	3,3	4,0	3,7	3,5
3+196	40	3,3	3,6	3,8	3,3	4,0	3,5
2+830	45	3,4	3,1	4,2	3,8	4,2	3,8
2+740	70	3,4	2,9	3,0	3,6	3,0	3,6
2+598	40	2,6	2,7	3,5	3,5	3,5	3,4
2+186	40	3,9	3,6	3,8	3,3	4,1	3,1
1+871	35	3,7	3,9	3,6	3,2	3,3	2,9
1+771	30	3,6	2,7	3,4	2,9	3,8	2,7
0+469	30	3,8	3,5	3,1	3,3	3,6	3,6
0+165	32	3,3	3,5	2,9	3,6	3,3	3,9

1.1.2.4 Cunetas

Número de elementos

Las cunetas que forman parte de la AGR se las dividió de la siguiente forma: Externa derecha, externa izquierda e intermedia, tomando en cuenta que la Autopista comienza en el Trébol, es decir la abscisa 0+000. Cabe recalcar que en algunas partes de la Autopista las cunetas son interrumpidas por entradas a barrios aledaños, o por el bombeo de la calzada, que está al otro extremo de la misma, entre otros; debido a esto las longitudes se las fue sumando en las secciones donde si se encontraban las cunetas.

Características

En el recorrido realizado para la calificación de las cunetas se encontró un problema común, una fisura en la junta a lo largo de casi todas las cunetas. Al momento de la construcción de las mismas no se debió haber tomado la suficiente precaución del sellado de la junta.

Por otro lado, en su mayoría se encontró plantas creciendo entre las juntas de las cunetas.

En otras ocasiones, la cuneta estaba fallada, es decir, el hormigón se fracturó y se desprendió, formando huecos de hasta 30 cm de diámetro por donde el agua ingresa a la calzada y al firme pudiendo afectar al mismo.



FIGURA 65 – Cunetas de la AGR

Procedimiento

Se realizó un recorrido por las cunetas de la autopista, inspeccionando visualmente la condición actual y el funcionamiento de cada una de ellas. También se tomaron fotos para confirmar el estado de las cunetas y observar con más claridad las posibles obstrucciones o fallas encontradas.

Valores Obtenidos

CUADRO 34

EVALUACIÓN DE LAS CUNETAS DE LA AGR

UBICACIÓN	LONGITUD (m)	CONDICIÓN ACTUAL	FUNCIONAMIENTO
EXTERNA DERECHO	11627	3	3,3
EXTERNA IZQUIERDO	7847	2,8	3,1
INTERMEDIA	6473	1,9	2,3

1.1.2.5 Filtros y subdrenes

En la historia de la AGR no se encontró indicativos de que fue construida con filtros o subdrenes, sin embargo se puede decir que si existiesen filtros o subdrenes estos están

funcionando correctamente, ya que en la superficie de la calzada no se encontró fallas que delaten algún problema con aguas subterráneas.

Valores Obtenidos

CUADRO 35

EVALUACIÓN DE LOS SUBDRENES DE LA AGR

SENTIDO	LONGITUD (m)	FUNCIONAMIENTO
QUITO - PEAJE	3950	funcionando
PEAJE - VALLE	7760	funcionando

1.1.2.6 Encauzamientos

Número de elementos

Los encauzamientos que se encontraron en la AGR son varios. Estos elementos sirven para encauzar el agua lluvia que cae en la calzada hacia las cunetas o de las cunetas hacia las alcantarillas.

Características

Los encauzamientos de la Autopista se encontraron en buenas condiciones y sin ningún obstáculo que impida la circulación del agua. En su mayoría los encauzamientos se los encontró en el lado derecho desde el Peaje hasta el Valle de los Chillos. Estos encauzamientos son de aproximadamente 3 metros de largo por 50 cm de ancho, y no presentan ningún problema. Otro encauzamiento importante se encontró en el parterre intermedio del mismo sentido, que comienza en la abscisa 7+460 hasta la abscisa 7+758, este encauzamiento reemplaza a la cuneta en esta sección, sus dimensiones son de 1,20 metro de profundidad por 90 cm de ancho. Este encauzamiento en particular se lo encontró con basura que puede llegar a obstruir la entrada de agua de la alcantarilla a la cual desemboca.



FIGURA 66 – Encauzamiento de la AGR

Procedimiento

Se realizó un recorrido por los encauzamientos de la autopista, inspeccionando visualmente la condición actual y el funcionamiento de cada uno de ellos, sin embargo se los calificó en grupo debido a su similitud en condición y funcionamiento. También se tomo fotos para confirmar el estado de los encauzamientos y observar con más claridad las posibles obstrucciones o fallas encontradas.

Valores Obtenidos

CUADRO 36

EVALUACIÓN DE LOS ENCAUZAMIENTOS DE LA AGR

Condición	Calificación (0 - 5)
Condición Actual	3,8
Funcionamiento	4

1.1.2.7 Otras Obras de Drenaje Revestidas

Características

Otra obra de drenaje revestido que se encontró en la AGR es el bombeo de la superficie de la calzada. No se llegó a calcular el porcentaje de bombeo en la superficie, pero observando que su funcionamiento estaba en buen estado.

Procedimiento

Se inspeccionó visualmente la condición actual y el funcionamiento del bombeo en lluvia.

Valores Obtenidos

CUADRO 37

EVALUACIÓN DEL BOMBEO DE LA AGR

Condición	Calificación (0 - 5)
Condición Actual	4,4
Funcionamiento	4,8

1.1.2.8 Bordillos

Número de elementos

Los bordillos que forman parte de la AGR se las dividió de la siguiente forma: Carril 1 derecho desde la abscisa 3+981 hasta la 11+376, Carril 2 izquierdo desde la 0+000 hasta la 3+850 y desde la 4+162 hasta la 10+154, interrumpido por el peaje, Carril 4 izquierdo, desde la abscisa 4+009 hasta la 11+298, Carril 5 izquierdo, desde la 0+000 hasta la 3+850 y desde la 3+941 hasta la 11+703, también interrumpido por el peaje .

Características

Los bordillos de la AGR deberían medir aproximadamente 18 cm. Sin embargo, debido al último recapeo en los carriles 1, 2, 5, 6, 7 que se terminó en Enero del 2009, los bordillos quedaron muy inferiores al valor de diseño y en algunos casos hasta al mismo nivel de la calzada.

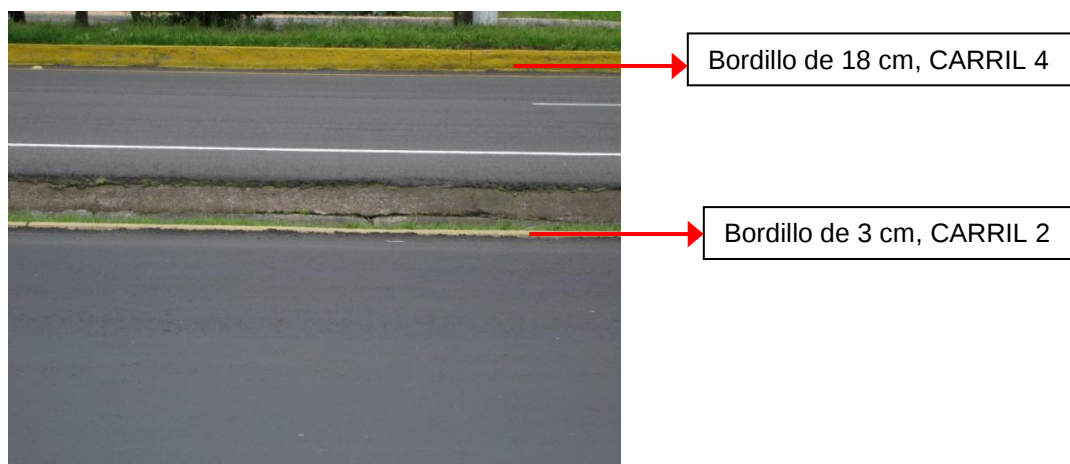


FIGURA 67 – Bordillos de la AGR

Procedimiento

Se realizó un recorrido por los bordillos de la autopista, inspeccionando visualmente la condición actual y el funcionamiento de cada uno de ellos. Además se midió la altura de todos los bordillos aproximadamente cada 100 m. También se tomaron fotos para confirmar el estado de los bordillos y observar con más claridad las posibles fallas encontradas.

Valores Obtenidos

CUADRO 38

EVALUACIÓN DE LOS BORDILLOS DE LA AGR

TRAMO	UBICACIÓN	LONGITUD (m)	ALT. POND. (m)	CONDICIÓN ACTUAL	FUNCIONAMIENTO
				Valor realtivo = 0,6	Valor realtivo = 0,4
0+000 - 3+850	CARRIL 2 IZQUIERDO	3850	0,11	2,8	2,8
0+000 - 3+850	CARRIL 5 IZQUIERDO	3850	0,13	3,2	3,2
3+941 - 11+703	CARRIL 5 IZQUIERDO	7762	0,16	4,1	4,1
3+981 - 11+376	CARRIL 1 DERECHO	7395	0,12	2,9	2,9
4+009 - 11+298	CARRIL 4 IZQUIERDO	7289	0,09	2,2	2,2
4+162 - 10+154	CARRIL 2 IZQUIERDO	5992	0,05	1,3	1,3

1.1.2.9 Muros de contención

Número de elementos

Se encontraron 13 muros de contención a lo largo de la AGR. Fueron construidos como el cerramiento de alguna casa, edificio o fábrica.

Características

Todos los muros de contención están en buenas condiciones, ninguno de ellos muestra señales de falla, se encuentran estables ya que en su mayoría no soportan sino el suelo que a su vez es estable y no ejerce demasiada presión en el mismo. La altura de los muros esta en un promedio de 6 metros.



FIGURA 68 – Muros de Contención de la AGR

Procedimiento

Se realizó un recorrido por los muros de contención de la autopista, inspeccionando visualmente la condición actual de cada uno de ellos. También se tomó fotos para confirmar el estado de los muros y observar con más claridad las posibles fallas encontradas.

Valores Obtenidos

CUADRO 39

EVALUACIÓN DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN DE LA AGR

ABSCISA	LONGITUD (m)	CONDICION ACTUAL
1+603	10	4
2+851	7	5
4+723	6	3,8
4+845	4	4,1
4+948	8	4,4
6+093	6	4,2
6+184	4	4,6
6+579	6,5	4
7+200	6	4,3
7+223	4	4,5
7+797	5	4,7
9+663	5	4,2
10+716	9	4

1.1.3. ZONAS LATERALES

Para cada elemento se describirá lo siguiente:

- Característica del elemento
- Procedimiento de evaluación
- Valores obtenidos

1.1.3.1 Taludes

Características

El tipo de suelo o material en la AGR son las arcillas poco arenosas firmes, en dicho caso la inclinación recomendable para obtener un talud estable es de $\frac{1}{2}:1$ de 0 a 10 metros de altura y $\frac{1}{2}:1$ en la mitad de la altura inferior y $\frac{3}{4}:1$ en la otra mitad superior para >10 metros. Sin embargo, la inclinación de los taludes en la autopista es de $\frac{1}{4}:1$ en los casos más favorables y con pendiente negativa en los casos desfavorables.

En la historia de la autopista no ha existido derrumbes significativos y aquellos que se han producido no han sido sino causados por la falta de cunetas de coronación, es así que el agua que bajaba por el talud fue poco a poco erosionando el mismo, causando inestabilidad en algunos sectores y como resultado pequeños derrumbes. Otro motivo, por el cual los taludes, que durante años no han tenido problema alguno de estabilidad, pueden llegar a fallar, es la construcción de casas en los filos superiores de los taludes, creando un sobrepeso para el cual el talud no fue diseñado o construido.



FIGURA 69 – Taludes de la AGR

Procedimiento

Se realizó un recorrido por la autopista, inspeccionando visualmente todos los taludes. Se identificó el tipo de suelo para determinar si el grado de inclinación del talud era el

adecuado para la estabilidad del mismo. Se evaluó individualmente cada talud, ponderando la calificación obtenida de la estabilidad según la longitud del talud.

También se tomaron fotos para confirmar el estado de los mismos y observar con más claridad los posibles problemas de estabilidad o fallas encontradas.

Valores Obtenidos

CUADRO 40

EVALUACIÓN DE LOS TALUDES DE LA AGR

ABSCISA	UBICACIÓN	LONGITUD (m)	ESTABILIDAD
0+000 - 1+977	DERECHO	1977	Modera. Estable
3+850 - 4+047	DERECHO	197	Modera. Estable
4+621 - 4+782	DERECHO	161	Modera. Estable
4+948 - 4+994	DERECHO	46	Modera. Estable
5+351 - 5+676	DERECHO	325	Modera. Estable
5+756 - 6+224	DERECHO	468	Modera. Estable
6+579 - 6+661	DERECHO	82	Modera. Estable
6+743 - 7+041	DERECHO	298	Modera. Estable
7+200 - 7+396	DERECHO	196	Modera. Estable
7+474 - 7+747	DERECHO	273	Modera. Estable
9+045 - 9+164	DERECHO	119	Modera. Estable
10+305 - 10+615	DERECHO	310	Modera. Estable
10+515 - 10+315	IZQUIERDO	200	Estable
9+991 - 9+745	IZQUIERDO	246	Modera. Estable
9+663 - 9+383	IZQUIERDO	280	Modera. Estable
9+263 - 8+986	IZQUIERDO	277	Modera. Estable
8+486 - 8+305	IZQUIERDO	181	Modera. Estable
7+912 - 7+261	IZQUIERDO	651	Modera. Estable
6+973 - 6+848	IZQUIERDO	125	Modera. Estable
5+320 - 5+240	IZQUIERDO	80	Modera. Estable
4+549 - 4+160	IZQUIERDO	389	Modera. Estable
3+673 - 3+095	IZQUIERDO	578	Inestable
3+030 - 2+785	IZQUIERDO	245	Modera. Estable
2+724 - 2+104	IZQUIERDO	620	Mala
1+882 - 1+652	IZQUIERDO	230	Mala

1.1.3.2 Espaldones

Características

La condición de los espaldones de la AGR es muy buena, el porcentaje de daños es mínimo. En los carriles 1, 6 y 7 se realizó la repavimentación, es por eso que se encuentran en buen estado. El espaldón del carril 3 también tiene una condición aceptable, sin embargo, la mala condición de la cuneta podría afectar al espaldón en un futuro, erosionado poco a poco la base del espaldón debido al desprendimiento de hormigón ciertos sectores de las cunetas.



FIGURA 70 – Espaldón de la AGR

Procedimiento

Se realizó un recorrido por la autopista, inspeccionando visualmente los espaldones. Se cuantifico el porcentaje de daños en cada tramo. Los tramos en los que se dividió a la Autopista para evaluar a los espaldones fue: sentido Quito – Valle, de la abscisa 0+000 a la 11+710 junto al carril 1, de la abscisa 3+904 a la 11+710 junto al carril 3, sentido Valle – Quito, de la abscisa 11+710 a la 3+904 junto al carril 7 y de la abscisa 3+904 a la 0+000 junto al carril 6.

También se tomaron fotos para confirmar el estado de los espaldones y observar con más claridad los posibles daños o fallas encontradas.

Valores Obtenidos

CUADRO 41

EVALUACIÓN DE LOS ESPALDONES DE LA AGR

TRAMO	UBICACIÓN	LONGITUD	% DE DAÑOS
0+000 - 11+710	CARRIL 1	11710	1
3+904 - 11+710	CARRIL 3	7806	4
11+710 - 3+904	CARRIL 7	7806	2,5
3+904 - 0+000	CARRIL 6	3904	3,5

1.1.3.3 Derecho de Vía

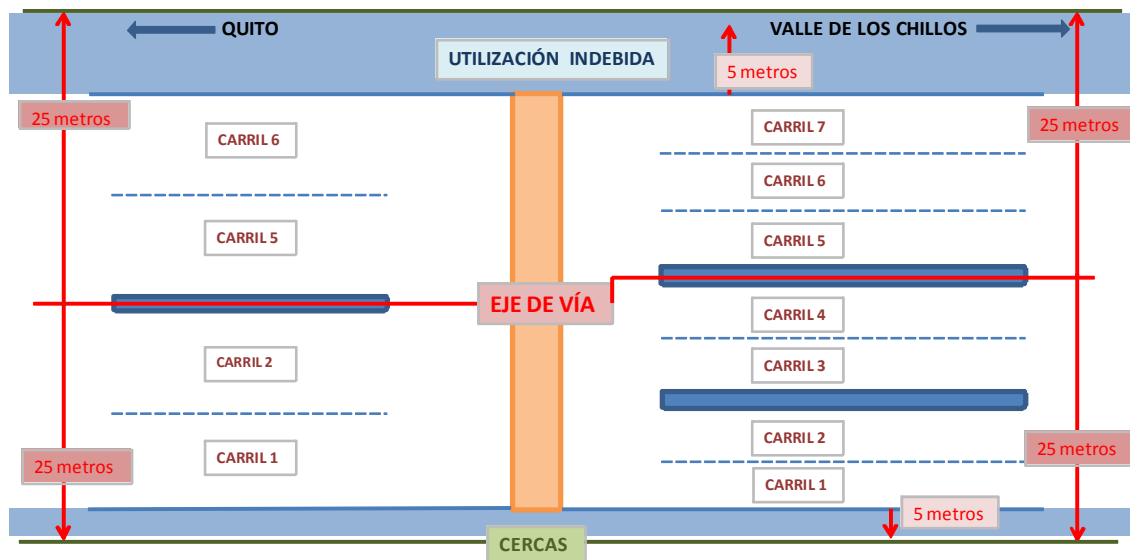


FIGURA 71 – Derecho de Vía en la AGR.

1.1.3.3.1 Vegetación en 5 metros

Características

La altura en la vegetación en los 5 metros desde el borde de la cuneta de la Autopista hacia afuera llega a medir hasta 1 m de altura, notándose una desatención en las zonas laterales a la vía.



FIGURA 72 – Vegetación en la AGR

Procedimiento

Se realizó un recorrido por el derecho de vía de la Autopista, inspeccionando visualmente y midiendo la altura de la vegetación en los 5 metros desde el extremo de la vía. También se tomo fotos para confirmar la altura de la vegetación y observar con más claridad su estado.

Valores Obtenidos

La altura máxima de la vegetación en 5 metros de la vía en la AGR es de 25 cm.

1.1.3.3.2 Vegetación en el resto del Derecho de Vía

Características

La vegetación en el resto del derecho de vía incluye la vegetación que se encuentra del eje de la vía hasta los 25 metros. En general, es la vegetación que se encuentra a los costados de la Autopista. Esta vegetación se encuentra parcialmente descuidada llegando en ocasiones a medir 1 metro de altura.



FIGURA 73 – Vegetación en la AGR

Procedimiento

Se realizó un recorrido por el derecho de vía de la Autopista, inspeccionando visualmente y midiendo la altura de la vegetación en el resto del derecho de vía desde dicho eje, es decir desde los 5 metros del eje hasta los 25 metros. También se tomaron fotos para confirmar la altura de la vegetación y observar con más claridad su estado.

Valores Obtenidos

La altura máxima de la vegetación en el resto de la vía en la AGR es de 1 metro.

1.1.3.3.3 Utilización indebida

Características

Aproximadamente un 80% de la AGR tiene construcciones indebidas en el derecho de vía, ya sean estas casas, fábricas, conjuntos habitacionales, parqueaderos para locales comerciales, bodegas, entre otros. Sin embargo, la entidad competente no es el Administrador de la Autopista, que en este caso es el H. Consejo Provincial de Pichincha, sino el Ilustre Municipio de Quito, a través de sus 2 Administraciones Zonales, los mismos que no controla la utilización indebida de los espacios destinados para obras complementarias a la vía.



FIGURA 74 – Utilización Indebida en la AGR

Procedimiento

Se realizó un recorrido por el derecho de vía de la Autopista, inspeccionando visualmente la utilización indebida. También se tomo fotos para confirmar el pésimo resultado de la utilización indebida en la Autopista.

Valores Obtenidos

La Utilización indebida en la AGR es mala.

1.1.3.3.4 Peligros al tráfico

Características

No se encontró ningún peligro que atente con la seguridad del usuario en la Autopista.

Procedimiento

Se realizó un recorrido por la Autopista, inspeccionando visualmente los peligros al tráfico existentes en la vía.

Valores Obtenidos

No existen peligros al tráfico en la AGR.

1.1.3.3.5 Cercas

Características

El Administrador de la Autopista deberá construir una cerca en el límite del derecho de vía, es decir, a los 25 metros del eje de la vía para evitar invasiones. Sin embargo, no es costumbre en nuestro país la construcción de cercas en las franjas contiguas a la plataforma del camino que forman parte del derecho de vía. En la AGR existen construcciones que han respetando el derecho de vía, las cuales tienen cercas a los 25 metros aproximadamente, reglamentarios para su construcción. Estas cercas son las que se evaluaron a continuación.

Procedimiento

Se realizó un recorrido por el derecho de vía de la Autopista, inspeccionando visualmente las cercas existentes en el límite del derecho de vía. También se tomaron fotos para confirmar la ausencia de cercas en la vía.

Valores Obtenidos

El porcentaje de cercas en la AGR es del 55%.

1.1.4. SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL

Para cada elemento se describirá lo siguiente:

- características
- procedimiento
- valores obtenidos

1.1.4.1 Señalización Horizontal

1.1.4.1.1 Señalización Central y Lateral

Características

La señalización horizontal central en la AGR debe proporcionar una orientación direccional para continuar el recorrido y favorecer un trayecto ordenado y seguro entre carriles. Sin embargo, el porcentaje de reflectancia de la señalización horizontal central es pésima en la AGR. En condiciones críticas, es decir, en la noche y con lluvia, la

reflectancia es nula generando inseguridad al usuario de la vía y facilitando accidentes por ser una vía rápida.

El color reglamentario para la señalización central es el blanco y sus dimensiones son de 12,5 cm de ancho, 3 metros pintados, y 9 metros sin pintar, para carriles donde se puede rebasar y del 12,5 cm de ancho y continua para carriles exclusivos.

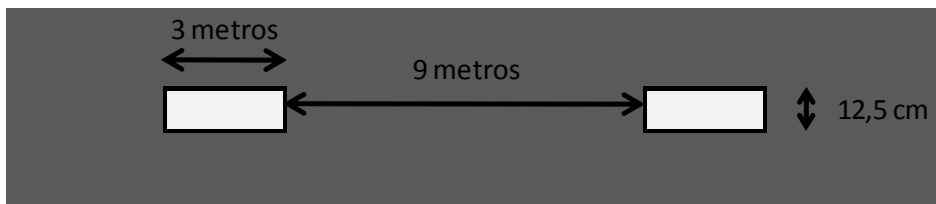


FIGURA 75 – Modelo de Señalización Horizontal en la AGR

El color reglamentario para la señalización lateral es el amarillo y sus dimensiones son de 12,5 cm de ancho.

Procedimiento

Para la medida de retroreflexión bajo iluminación de los faros de un vehículo se emplea el coeficiente de luminancia retrorreflejada RL. Este coeficiente es medido por retroreflectómetros. La unidad de medida es microcandelas/ lux m².

Sin embargo, en el medio no se dispone de retroreflectómetros para medir la reflectancia de la señalización en la Autopista, entonces se realizó un recorrido por la vía en condiciones críticas y se inspeccionó visualmente la reflectancia comparando con la Panamericana Norte, vía recientemente señalizada.

También se tomo fotos para observar y confirmar el estado de la señalización horizontal.

Valores Obtenidos

El porcentaje de reflectancia obtenido para la señalización horizontal central en la AGR es de 31.5% y para la señalización horizontal lateral es de 36.1%.

1.1.4.2 Señalización Vertical

1.1.4.2.1 Señalización Vertical

Características

La señalización vertical en la AGR está en buenas condiciones. Esta señalización fue mejorada en el año 2007 por el HCPP, sin embargo, la ubicación de algunas señalizaciones verticales no es la mejor ya que se encuentran cubiertas por otra señal o

por la vegetación de la Autopista. Otro problema encontrado en la señalización vertical es que han sido rayadas privando al usuario de una buena visualización.

El material del que están elaboradas las señales en su mayoría no es reflectivo, sin embargo algunas de ellas están fabricadas de un material llamado grado diamante cubo, es la última tecnología en señalización vertical con la ventaja de una reflectividad del 60% y tiene un tiempo de vida útil de 12 a 15 años.



FIGURA 76 – Señalización Vertical en la AGR

Procedimiento

Se realizó un recorrido por la vía en condiciones críticas y se inspeccionó el porcentaje de señales existentes comparando con los planos de la ubicación de la señalización vertical del HCPP. También se tomo fotos para observar y confirmar el estado de la señalización vertical.

Valores Obtenidos

El porcentaje de señales existentes en la AGR es del 90%.

1.1.4.2.2 Defensas Metálicas

Características

Las defensas metálicas en la Autopista son de mucha importancia, ya que en esta vía la velocidad máxima de circulación para vehículos livianos es de 90 km/h, y de 70 km/h para vehículos pesados, convirtiéndose en una Autopista rápida. Muchas veces las condiciones climáticas, el alto tráfico, la geometría de la vía o la irresponsabilidad del conductor hacen que esta vía tenga un alto nivel de accidentes. Es por esto que en los llamados puntos negros³ de la Autopista, es decir curvas pronunciadas, sin visibilidad, con quebradas junto a la vía, etc., deben existir defensas metálicas. Sin embargo, se

³ Puntos negros: Puntos en la vía con algún peligro para el conductor, donde se han producido recurrentes accidentes.

observo una ausencia de defensas metálicas en la Autopista y las defensas existentes presentan daños y algunas de ellas están despintadas.



FIGURA 77 – Defensas Metálicas en la AGR

Procedimiento

Se realizó un recorrido por las defensas metálicas de la autopista, inspeccionando visualmente la condición actual de cada una de ellas, así como también el porcentaje de defensas existentes. Además se consulto con trabajadores de la autopista donde se producen recurrentemente los accidentes para ver si existen defensas que ayuden a evitar accidentes aún peores.

También se tomo fotos para confirmar el estado de las defensas y observar con más claridad las fallas encontradas.

Valores Obtenidos

El porcentaje de defensas metálicas existentes en la AGR es del 75.5%.

1.1.4.2.3 Postes de Referencia

Características

Los postes de referencia son aquellos postes que indican en kilómetros de la vía. Otros postes de referencia pueden ser los que orientan al usuario la dirección de la vía.

Los postes de referencia del kilometraje en la AGR están en buenas condiciones y existen todos. Mientras tanto, se notó una ausencia de los postes de referencia para indicar la dirección de la vía en curvas.



FIGURA 78 – Postes de Referencia en la AGR

Procedimiento

Se realizó un recorrido por los postes de referencia de la autopista, inspeccionando visualmente la condición actual de cada uno, así como también el porcentaje de postes existentes. También se tomo fotos para confirmar el estado de los postes.

Valores Obtenidos

El porcentaje de postes de referencia existentes en la AGR es del 88%.

1.1.4.3 Señalización Especial

Características

En la AGR la señalización especial puede ser los tableros de información que se implementaron a mediados del 2009. Estos tableros sirven para informar al usuario de la vía sucesos tales como: accidentes, rutas alternativas, trabajos en la vía, derrumbes, horario de contraflujo, hora, velocidad máxima permitida, etc.



FIGURA 79 – Tableros Informativos en la AGR

Procedimiento

Se realizó un recorrido por la señalización especial de la autopista, inspeccionando visualmente cada tablero informativo y su correcto uso. También se tomó fotos para confirmar el estado de los tableros.

Valores Obtenidos

El porcentaje de señalización especial existentes en la AGR es del 100%.

1.2. DATOS DE INFORMES PRELIMINARES

Es necesario el cálculo del tráfico promedio diario anual (TPDA) de la AGR, porque es en base a este tráfico que se muestran los valores mínimos del nivel de servicio, de los aspectos, elementos y sub-elementos que la Administración debe alcanzar en la vía para poder obtener la autorización del cobro del peaje.

Para la obtención del TPDA se usó el tráfico diario que la Administración de la AGR cuantifica. Estos valores fueron facilitados para el desarrollo de esta tesis, y así obtener datos exactos del TPDA. El tráfico que la Administración obtiene diariamente está contabilizado por categoría de vehículos, por sentido y por turnos que el personal trabaja en el peaje. En la CUADRO44 se muestra un ejemplo de un reporte del TM de la AGR.

CUADRO 42

TRÁFICO DIARIO DE LA AGR POR SENTIDOS DE AGOSTO DEL 2008

TRÁFICO MENSUAL POR SENTIDOS DEL 1° AL 31 DE AGOSTO DEL 2008																			
FECHA	SENTIDO QUITO - VALLE								SENTIDO VALLE - QUITO								TOTAL		
	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	EXTRA PESADOS			TELEPEAJE	SUBTOTAL	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	EXTRA PESADOS			TELEPEAJE	EVASORES		SUBTOTAL	
				4	5	6						4	5	6					
Agosto 1, 2008	17.867	2.438	55	17	72	14	4.896	25.359	18.657	2.675	78	7	65	14	5.261	914	27.671	53.030	
Agosto 2, 2008	18.173	1.786	45	9	85	8	3.223	23.329	17.959	1.755	43	8	69	10	3.178	735	23.757	47.086	
Agosto 3, 2008	14.823	1.187	4	1	23	4	2.370	18.412	15.322	1.154	8	1	21	1	2.191	651	19.349	37.761	
Agosto 4, 2008	15.841	2.562	64	12	70	14	4.908	23.471	16.579	2.580	70	12	71	12	5.078	780	25.182	48.653	
Agosto 5, 2008	16.079	2.594	54	6	70	6	4.903	23.712	16.885	2.524	64	11	67	11	5.086	863	25.511	49.223	
Agosto 6, 2008	16.197	2.701	67	15	67	12	4.886	23.945	16.605	2.761	62	8	62	18	5.017	825	25.358	49.303	
Agosto 7, 2008	16.274	2.543	60	8	77	11	4.775	23.748	17.057	2.647	76	11	74	7	4.935	760	25.567	49.315	
Agosto 8, 2008	17.609	2.689	76	15	69	9	4.675	25.142	18.119	2.430	75	10	68	11	4.896	899	26.508	51.650	
Agosto 9, 2008	17.903	1.721	47	8	84	4	3.223	22.990	17.986	1.690	55	7	83	13	3.352	928	24.114	47.104	
Agosto 10, 2008	14.689	1.089	10	1	22	6	2.421	18.238	14.582	1.167	20		17	3	2.103	753	18.645	36.883	
Agosto 11, 2008	13.665	2.500	47	7	70	8	4.392	20.689	14.327	2.466	65	7	59	9	4.487	797	22.217	42.906	
Agosto 12, 2008	14.754	2.538	60	6	71	6	4.595	22.030	14.897	2.527	66	4	69	11	4.648	745	22.967	44.997	
Agosto 13, 2008	15.228	2.554	74	11	64	15	4.661	22.607	14.954	2.550	72	10	62	10	4.771	714	23.143	45.750	
Agosto 14, 2008	15.394	2.639	90	12	64	9	4.606	22.814	15.725	2.320	94	9	63	11	4.640	821	23.683	46.497	
Agosto 15, 2008	16.540	2.439	76	14	63	10	4.569	23.711	16.721	2.655	78	10	62	12	4.798	864	25.200	48.911	
Agosto 16, 2008	16.689	1.657	54	13	80	7	3.120	21.620	17.270	1.520	46	7	81	9	3.217	772	22.922	44.542	
Agosto 17, 2008	14.617	1.063	8	1	20	6	2.477	18.192	15.165	1.163	17	1	13	2	2.244	635	19.240	37.432	
Agosto 18, 2008	14.900	2.459	80	6	63	10	4.786	22.304	15.367	2.258	91	5	64	8	4.868	779	23.440	45.744	
Agosto 19, 2008	15.202	2.457	90	8	75	10	4.830	22.672	15.669	2.443	91	7	67	7	4.923	785	23.992	46.664	
Agosto 20, 2008	15.291	2.557	81	11	73	10	4.853	22.876	15.638	2.445	98	8	66	11	4.934	749	23.949	46.825	
Agosto 21, 2008	15.718	2.439	113	5	72	9	4.799	23.155	15.914	2.539	104	3	71	9	4.922	781	24.343	47.498	
Agosto 22, 2008	16.478	2.605	75	6	80	9	4.799	24.052	17.273	2.069	82	4	70	11	5.001	934	25.444	49.496	
Agosto 23, 2008	17.078	1.677	54	13	86	9	3.336	22.253	16.619	1.569	54	8	74	8	3.304	783	22.419	44.672	
Agosto 24, 2008	14.224	1.082	26	2	19	3	2.513	17.869	14.142	1.015	35	2	14	4	2.125	706	18.043	35.912	
Agosto 25, 2008	15.024	2.485	73	7	69	9	4.912	22.579	15.314	2.320	89	6	69	10	5.101	720	23.629	46.208	
Agosto 26, 2008	15.549	2.194	57	10	81	6	4.969	22.866	15.723	2.593	45	6	72	9	5.101	809	24.358	47.224	
Agosto 27, 2008	15.930	2.386	98	10	83	3	4.742	23.252	15.839	2.616	108	9	77	7	5.207	1.199	25.062	48.314	
Agosto 28, 2008	16.271	2.421	63	8	89	10	4.936	23.798	17.075	2.498	77	7	76	4	5.031	902	25.670	49.468	
Agosto 29, 2008	17.996	2.224	63	10	71	9	5.060	25.433	18.154	2.591	69	9	62	20	5.239	906	27.050	52.483	
Agosto 30, 2008	18.627	1.729	41	10	81	14	3.566	24.068	18.412	1.535	50	8	81	12	3.441	801	24.340	48.408	
Agosto 31, 2008	14.855	1.080	15		24	3	2.638	18.615	15.473	1.116	16		13		2.356	670	19.644	38.259	

2. CÁLCULO DE RESULTADOS

2.1. TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)

Obtenido el Tráfico Diario de los Reportes de Tráfico de la AGR, se obtuvo el Tráfico Mensual (TM), como se muestra en la CUADRO 45 y 46. Y a su vez se obtuvo el TPDA del año 2008, dato que es necesario para encontrar el valor mínimo aceptable de cada aspecto, elemento y sub-elemento de la calzada, así como del nivel de servicio.

CUADRO 43

TRÁFICO MENSUAL 2008 DE LA AGR

SENTIDO QUITO – VALLE

MESES/AÑO	DIRECCIÓN QUITO - VALLE							SUBTOTAL
	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	EXTRA PESADOS			TELEPEAJE	
				4	5	6		
ENERO 2008	513478	71474	1400	164	1546	283	122449	710.794
FEBRERO 2008	472582	66124	1249	164	1486	276	120025	661.906
MARZA 2008	492498	68697	1508	187	1605	329	130578	695.402
ABRIL 2008	402029	54931	1301	1398	1484	234	110616	571.993
MAYO 2008	466595	63822	1438	223	1469	262	118984	652.793
JUNIO 2008	505695	67418	1479	191	1508	290	133846	710.427
JULIO 2008	517464	68850	1588	258	1749	304	140461	730.674
AGOSTO 2008	495485	66495	1820	262	2037	263	129439	695.801
SEPTIEMBRE 2008	489233	69305	1773	214	2111	285	143659	706.580
OCTUBRE 2008	525955	72971	2027	260	2225	307	162178	765.923
NOVIEMBRE 2008	500473	68939	1935	256	2153	265	157825	731.846
DICIEMBRE 2008	546472	70941	1707	322	2491	318	160949	783.200
TA	5.927.959	809.967	19.225	3.899	21.869	3.416	1.631.009	8.417.339
TPDA	16.241	2.219	53	11	60	9	4.469	23.061

CUADRO 44

TRÁFICO MENSUAL 2008 DE LA AGR

SENTIDO VALLE - QUITO

DIRECCIÓN VALLE - QUITO									
LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	EXTRA PESADOS			TELEPEAJE	EVASORES	SUBTOTAL	TOTAL
			4	5	6				
540.669	72.475	1.434	147	1.776	308	125.345	7.364	749.518	1.460.312
494.302	66.965	1.302	144	1.745	299	121.116	12.920	698.793	1.360.699
522.454	69.117	1.761	156	1.963	356	130.624	20.461	746.892	1.442.294
414.202	55.549	1.434	130	1.565	2.608	111.945	19.690	607.122	1.179.115
480.871	64.820	1.524	179	1.878	310	120.612	21.140	691.334	1.344.127
525.499	68.893	1.625	166	1.816	294	137.540	23.942	759.775	1.470.202
536.829	70.421	1.745	189	1.885	308	143.009	25.637	780.023	1.510.697
505.422	66.191	1.998	205	1.882	284	131.455	24.980	732.417	1.428.218
506.352	69.947	1.937	148	1.991	290	147.299	30.817	758.781	1.465.361
528.662	74.724	2.159	208	2.077	331	160.408	35.949	804.518	1.570.441
511.795	69.677	2.050	213	1.986	256	157.575	34.284	777.836	1.509.682
555.931	72.281	1.840	289	2.320	298	167.725	33.625	834.309	1.617.509
6.122.988	821.060	20.809	2.174	22.884	5.942	1.654.653	290.809	8.941.318	17.358.657
16.775	2.249	57	6	63	16	4.533	797	24.497	47.558

2.2. CONDICIÓN DE LA CALZADA

2.2.1. ELEMENTOS FUNCIONALES

2.2.1.1 Rugosidad (IRI)

Procedimiento de Cálculo con los Datos Obtenidos en Campo

El Pérfilometro Láser tiene un software que está incluido en el equipo de medición, devolviendo directamente los datos necesarios de la rugosidad. Estos datos obtenidos en campo fueron dos, la rugosidad derecha y la izquierda, como expresa el programa en un cuadro de Excel. Dado que la distancia entre punto y punto era la misma (10 metros), se promedió los valores de las rugosidades obteniendo un único valor por punto o abscisa. Así mismo, en el CUADRO 47 se puede observar el IRI de cada carril, el cual se lo obtuvo promediando los valores de IRI de cada abscisa.

Valor de la Rugosidad (IRI)

CUADRO 45

RESUMEN DEL IRI POR CARRIL EN LA AGR

CARRIL	LONGITUD	IRI
1	11642	2,54
2	11690	2,08
3	7367	2,15
4	7380	2,2
5	11620	2,01
6	11668	2,17
7	7715	1,91

Calificación de la Rugosidad (IRI)

Basándose en la Figura 34 – Calificación para la Rugosidad del CAPÍTULO IV, se encontró la calificación correspondiente al IRI de cada carril, como se muestra en el siguiente cuadro.

CUADRO 46

CALIFICACIÓN DEL IRI POR CARRIL EN LA AGR

CARRIL	LONGITUD	IRI	CALIFICACIÓN
1	11642	2,54	4,5
2	11690	2,08	4,9
3	7367	2,15	4,9
4	7380	2,2	4,8
5	11620	2,01	5,0
6	11668	2,17	4,8
7	7715	1,91	5,0

Con este cuadro, se pudo obtener la calificación total del Índice de Rugosidad de la Autopista General Rumiñahui, ponderando los 7 valores de calificación del IRI por cada carril. Resumiendo en la siguiente fórmula se obtuvo que:

$$\text{Calificación del IRI de la AGR} = \frac{\sum (\text{Calificación del IRI del carril} * \text{Long. del carril})}{\sum \text{Long. del carril}}$$

Obteniendo que, la calificación del IRI de la AGR es de 4,8.

2.2.1.2 Índice de Condición del Pavimento (PCI)

Procedimiento de Cálculo con los Datos Obtenidos en Campo

El trabajo en campo realizado en la AGR en la cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, la severidad y extensión de los mismos, se los registró en los formatos que anteriormente se describió.

Sin embargo, debido a la extensión de los formatos inventariados se usó un programa llamado UnalPCI, programa para el análisis de datos de campo y cálculo del índice PCI en pavimentos asfálticos, realizado por el Ingeniero Luis Ricardo Vásquez de Colombia. No obstante, a continuación se detallará los pasos que el programa sigue para la obtención del Índice de Condición del Pavimento.

El cálculo se basa en los Valores Deducidos de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas, como se indica en los siguientes pasos.

A. Cálculo de los Valores Deducidos

- a. Se totalizó las cantidades parciales de cada tipo y nivel de severidad de daño y se registró en la columna TOTAL del formato PCI. El daño se midió en área, longitud ó por número según su tipo.
- b. Se dividió la cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo y se expresó el resultado como porcentaje. Este resultado es la DENSIDAD del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

Se determinó el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas Valor Deducido del Daño, basándose en la norma ASTM, D 5340 – 93.

B. Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)

- a. Si ninguno ó tan sólo uno de los Valores Deducidos es mayor que 2, se usó el Valor Deducido Total en lugar del mayor Valor Deducido Corregido, CDV, obtenido en paso D. De lo contrario, se siguió los siguientes pasos.
- b. Se listó los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.
- c. Se determinó el Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m), utilizando la siguiente fórmula:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$$

Donde:

m_i : Número máximo admisible de valores deducidos, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i.

HDV_i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.

- d. El número de valores individuales deducidos se reduce a m, inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizaron todos los que se tengan.

C. Cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido, CDV.

El máximo CDV se determinó mediante el siguiente proceso iterativo:

- a. Se determinó el número de valores deducidos, q, mayores que 2.0.
 - b. Se determinó el Valor Deducido Total sumando todos los valores deducidos individuales.
 - c. Se determinó el CDV con q y el Valor Deducido Total en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.
 - d. Se redujo a 2.0 el menor de los Valores Deducidos individuales que sea mayor que 2.0 y se repitió las etapas C.a. a C.c. hasta que q sea igual a 1.
 - e. El máximo CDV fue el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.
- D. Se calculo el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en el paso C.*

El valor de PCI que se obtuvo con el programa fue por unidad de muestreo. Sin embargo, los carriles de la autopista abarcan varias unidades de muestreo. El PCI de la sección o carril será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo, resumido en el Cuadro 49.

Valor del Índice de Condición del Pavimento (PCI)

CUADRO 47

RESUMEN DEL PCI POR CARRIL EN LA AGR

CARRIL	LONGITUD	PCI (%)
1	11642	62,4
2	11690	67,5
3	7367	60,2
4	7380	61,6
5	11620	72,1
6	11668	70,2
7	7715	69,3

Calificación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)

Basándose en la Figura 35 – Calificación para el Índice de Condición del Pavimento del CAPÍTULO IV, se encontró la calificación correspondiente al PCI de cada carril, como se muestra en el siguiente cuadro.

CUADRO 48

CALIFICACIÓN DEL PCI POR CARRIL EN LA AGR

CARRIL	LONGITUD	PCI (%)	CALIFICACIÓN
1	11642	62,4	2,4
2	11690	67,5	2,8
3	7367	60,2	2,3
4	7380	61,6	2,4
5	11620	72,1	3,1
6	11668	70,2	3
7	7715	69,3	2,9

Con este cuadro, se pudo obtener la calificación total del Índice de Condición del Pavimento de la Autopista General Rumiñahui, ponderando los 7 valores de calificación del PCI por cada carril. Resumiendo en la siguiente fórmula se obtuvo que:

$$\text{Calificación del PCI de la AGR} = \frac{\sum (\text{Calificación del PCI del carril} * \text{Long. del carril})}{\sum \text{Long. del carril}}$$

Obteniendo que, la calificación del PCI de la AGR es de 2,7.

2.2.1.3 Resistencia al Deslizamiento

Procedimiento de Cálculo con los Datos Obtenidos en Campo

En una hoja de Excel se ingresan los valores conseguidos en campo (CUADRO 31) y se calcula en promedio de los cuatro coeficientes de cada punto y de cada abscisa. Al coeficiente promedio se lo divide para 100 para poder corregirlo por temperatura.

La temperatura óptima del agua al instante de la medición del CRD en campo debería ser de 20 grados Centígrados para que no exista variación de los valores obtenidos. Sin embargo, las condiciones climáticas pueden variar la temperatura del agua, es por esto que al coeficiente promedio se lo corrige con el siguiente gráfico:

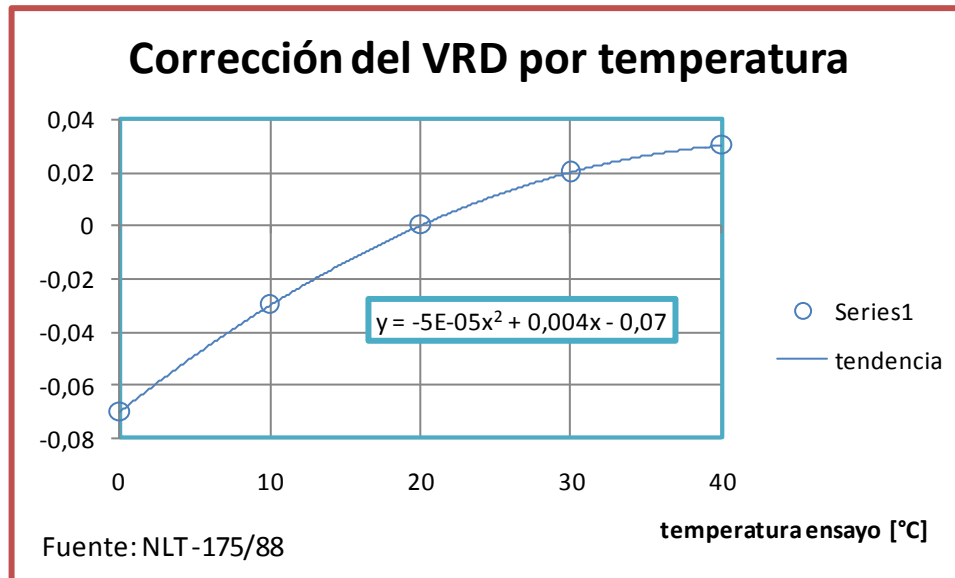


FIGURA 80 - Corrección de CRD O VRD (VRD – valor de resistencia al deslizamiento) por temperatura

El coeficiente corregido resulta de ingresar al FIGURA 80 la temperatura del agua que se tomó en campo (x). De esto se obtiene la variación, ya sea positiva o negativa, del coeficiente promedio, siendo el resultado el coeficiente corregido por temperatura.

El CRD no es más que el promedio de los tres puntos de cada abscisa multiplicado por 100.

CUADRO 49

COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO POR ABSCISA

Abscisa	Punto	coeficiente promedio	coeficiente corregido	CRD
Sentido Quito - Valle de los Chillos				
0+000	1	0,63	0,63	61,11
0+000	2	0,60	0,60	
0+000	3	0,61	0,61	
0+500	4	0,60	0,59	59,28
0+500	5	0,63	0,62	
0+500	6	0,59	0,58	
2+040	7	0,61	0,60	61,96
2+040	8	0,63	0,63	
2+040	9	0,64	0,63	
2+598	10	0,61	0,60	61,35
2+598	11	0,61	0,61	
2+598	12	0,63	0,63	

3+270	13	0,59	0,57	
3+270	14	0,59	0,57	56,69
3+270	15	0,58	0,56	
3+725	16	0,63	0,62	
3+725	17	0,64	0,63	62,64
3+725	18	0,65	0,64	
4+042	19	0,61	0,59	
4+042	20	0,61	0,59	58,08
4+042	21	0,57	0,56	
4+590	22	0,56	0,55	
4+590	23	0,61	0,59	57,03
4+590	24	0,59	0,57	
5+010	25	0,58	0,56	
5+010	26	0,59	0,57	57,51
5+010	27	0,60	0,59	
5+530	28	0,60	0,58	
5+530	29	0,59	0,58	57,57
5+530	30	0,59	0,57	
6+050	31	0,61	0,60	
6+050	32	0,62	0,61	60,35
6+050	33	0,61	0,60	
6+565	34	0,61	0,60	
6+565	35	0,62	0,61	61,18
6+565	36	0,63	0,62	
7+101	37	0,59	0,58	
7+101	38	0,58	0,57	57,71
7+101	39	0,59	0,58	
7+570	40	0,57	0,56	
7+570	41	0,62	0,61	59,13
7+570	42	0,62	0,61	
8+067	43	0,63	0,62	
8+067	44	0,63	0,62	62,15
8+067	45	0,62	0,62	
8+586	46	0,62	0,61	
8+586	47	0,64	0,63	62,38
8+586	48	0,64	0,63	
9+030	49	0,61	0,60	
9+030	50	0,60	0,60	61,03
9+030	51	0,64	0,63	
9+545	52	0,65	0,65	
9+545	53	0,66	0,65	64,85
9+545	54	0,65	0,65	
10+073	55	0,64	0,63	63,79

10+073	56	0,64	0,63	
10+073	57	0,66	0,65	
10+595	58	0,62	0,61	
10+595	59	0,63	0,63	61,41
10+595	60	0,61	0,60	
11+112	61	0,62	0,62	
11+112	62	0,64	0,63	62,22
11+112	63	0,62	0,61	
Sentido Valle de los Chillos – Quito				
11+279	1	0,61	0,60	
11+279	2	0,61	0,61	60,53
11+279	3	0,61	0,61	
10+220	4	0,64	0,63	
10+220	5	0,67	0,66	64,91
10+220	6	0,66	0,65	
9+303	7	0,59	0,58	
9+303	8	0,60	0,59	57,76
9+303	9	0,58	0,57	
8+305	10	0,61	0,60	
8+305	11	0,62	0,61	61,70
8+305	12	0,65	0,64	
7+139	13	0,59	0,58	
7+139	14	0,58	0,58	59,46
7+139	15	0,63	0,62	
6+300	16	0,57	0,56	
6+300	17	0,56	0,55	56,08
6+300	18	0,57	0,57	
5+115	19	0,62	0,61	
5+115	20	0,61	0,60	61,25
5+115	21	0,63	0,62	
4+279	22	0,61	0,60	
4+279	23	0,63	0,62	61,14
4+279	24	0,61	0,61	
3+737	25	0,61	0,61	
3+737	26	0,61	0,60	60,91
3+737	27	0,63	0,62	
2+851	28	0,65	0,65	
2+851	29	0,63	0,63	63,25
2+851	30	0,63	0,62	
2+040	31	0,57	0,57	
2+040	32	0,57	0,57	56,67
2+040	33	0,56	0,56	
1+539	34	0,60	0,59	59,52

1+539	35	0,63	0,62
1+539	36	0,58	0,57

Valor de la Resistencia al Deslizamiento (CRD)

Para obtener el CRD de la AGR se promedia el CRD de cada abscisa de cada sentido por separado, ya que la distancia de las mediciones de campo por sentido es diferente.

De este cálculo se obtuvo que para el Sentido Quito – Valle de los Chillos el CRD es de 60.4 y para el sentido Valle de los Chillos – Quito es de 60.3. Asimismo, se promedia los valores obtenidos por sentido y se obtuvo que el CRD de la AGR es de 60.4.

Calificación de la Resistencia al Deslizamiento

Para obtener la calificación de la Resistencia al Deslizamiento de la AGR, se utiliza la Figura 36 – Calificación de la Resistencia al Deslizamiento, en el CAPÍTULO IV, ingresando el valor del CRD de 60.4, mostrando un valor de 4.2 sobre 5.

2.2.2. ELEMENTOS ESTRUCTURALES

2.2.2.1 Deflexión Máxima

Procedimiento de Cálculo con los Datos Obtenidos en Campo

Los valores de las deflexiones obtenidos en el ensayo en campo fueron 7, sin embargo para encontrar la Deflexión Representativa RRD (Representative Rebond Deflection) de la Autopista se usó solo aquellas obtenidas bajo el plato de carga segmentado, ya que es sobre este que se aplica la simulación de cargas dinámicas de 8 t.

Para el cálculo de la RRD se utilizó el Manual del Instituto del Asfalto MS N. 17.

El RRD se obtuvo aplicando las siguientes fórmulas:

$$RRD = (\bar{x} + 2s) c$$

$$\text{Donde: } \bar{x} = \sum (x_i * f_i) / n$$

x_i = promedio de las 3 deflexiones obtenidas por punto de ensayo o abscisa.

f_i = factor de ajuste por temperatura (Figura 81)

n = número de deflexiones x_i .

s = desviación estándar de las deflexiones.

c = factor de ajuste de período crítico.

A continuación se describe el proceso paso a paso:

- Se transformó las deflexiones de la placa de milésimas de pulgadas a milímetros.
- Se obtuvo las deflexiones x_i de cada punto o abscisa ensayada, promediando las 3 deflexiones obtenidas.
- Aplicando la siguiente figura, se obtuvo el factor de ajuste por temperatura individual f_i de cada deflexión.

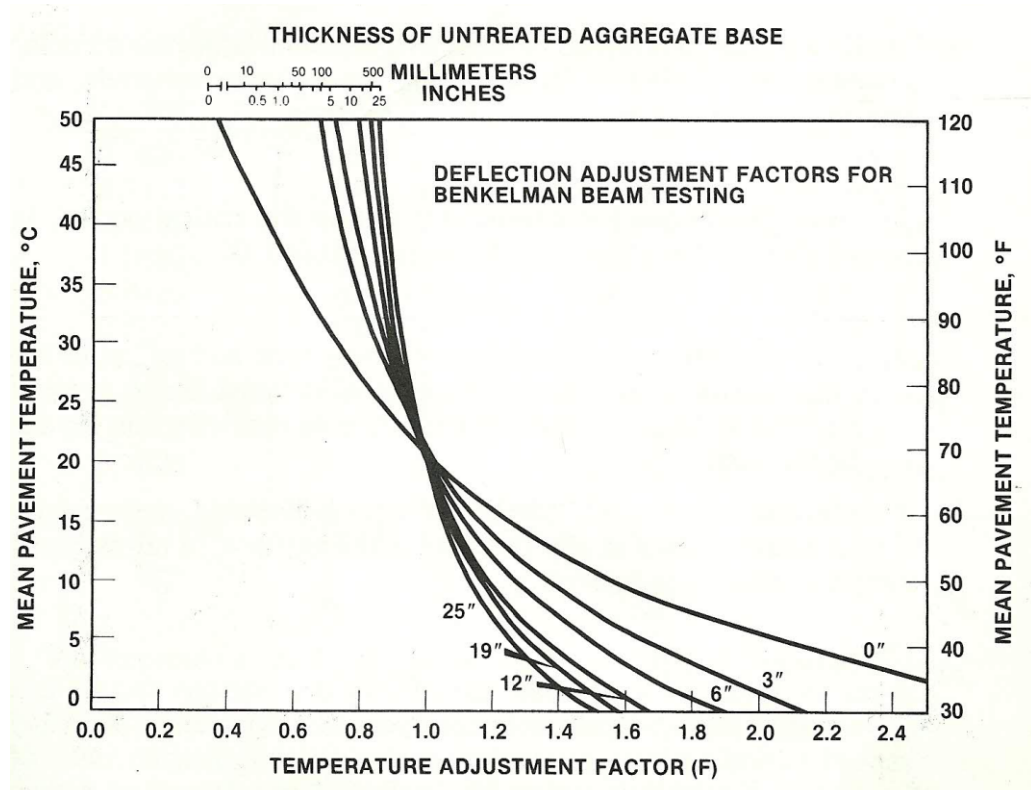


FIGURA 81 – Curvas de ajuste por temperatura.

Nota: Se asume un espesor de la base y de la subrasante de 25".

- Obtenido las x_i y los f_i se calculó el $\bar{x}$, que es la media aritmética de las deflexiones, con la fórmula anteriormente descrita.
- Se calculó la desviación estándar de las deflexiones.
- El factor de ajuste por período crítico representa el período crítico del clima, y como el ensayo se realizó en diciembre, fecha invernal, se asumió un factor de 1,2.
- Luego, con la fórmula del RRD se obtuvo las Deflexiones Representativas de cada carril. Todo lo anteriormente descrito se encuentra en los Anexos del trabajo y el resumen en el siguiente cuadro.

CUADRO 50

RESUMEN DE LAS DEFLEXIONES REPRESENTATIVAS POR CARRIL

	DEFLEXIÓN REPRESENTATIVA (mm)	TEMP. °C	FACTOR DE AJUSTE POR TEMPERATURA
CARRIL 1	0,54	49,1	0,85
CARRIL 2	0,42	47,8	0,86
CARRIL 3	0,50	49,1	0,85
CARRIL 4	0,38	36,9	0,9
CARRIL 5	0,50	46,9	0,85
CARRIL 6	0,43	48,6	0,86
CARRIL 7	0,27	44,1	0,87

- h. Para calcular la Deflexión Representativa de la AGR, se promedio las temperaturas para obtener una temperatura por carril y se extrajo de la Figura 81 los factores de corrección por temperatura (CUADRO 52), para así, aplicar desde el punto c hasta el g, y obtener la Deflexión Representativa RRD de la AGR.

CUADRO 51

DEFLEXION REPRESENTATIVA DE LA AGR

DESV. EST.	$\sum (x_i * f_i) / n$	FACTOR DE AJUSTE POR PERÍODO CRÍTICO
0,0913	0,3738	1,2

DEFLEXIÓN REPRESENTATIVA

RRD =	0,67
-------	------

Para realizar un análisis más profundo de la estructura del pavimento de la AGR, de acuerdo al Manual del Instituto del Asfalto MS N.17, se calculó el tiempo que durará el pavimento sin necesidad de un refuerzo del pavimento siguiendo los siguientes pasos:

- a. Se calculó el número de ejes equivalentes (EAL), aplicando las siguientes fórmulas. El EAL es el número total de ejes simples equivalentes con una carga de 8,2 T (18000 lb ó 80 KN).

$$EAL_i = TA_i * \text{FACTOR CAMIÓN}$$

$$EAL = \sum EAL_i$$

Donde:

TA_i = tráfico anual de cada tipo de vehículo

FACTOR CAMIÓN = factor para transformar cada tipo de vehículo a EAL

EAL_i = número de ejes equivalentes de cada tipo de vehículos

EAL = número de ejes equivalentes

CUADRO 52

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES EAL EN EL AÑO 2008 EN LA AGR

	TIPO DE VEHICULO	TRAFICO ANUAL	FACTOR CAMIÓN	EAL
LIVIANOS	2 ejes - 4 llantas	15627417	0,02	312548
MEDIANOS	2 ejes - 6 llantas	1631027	0,21	342516
PESADOS	3 ejes	40034	0,48	19216
EXTRAPESADOS 4	4 ejes	6073	0,73	4434
EXTRAPESADOS 5	5 ejes	44748	0,95	42510
EXTRAPESADOS 6	6 ejes	9358	0,95	8890
				730114

- b. Luego, se calculó el EAL_r , que es el EAL remanente, es decir, aquel que la Autopista soportará sin necesidad de un refuerzo en el pavimento. Para el cálculo del EAL_r , se ingreso el RRD en la siguiente figura:

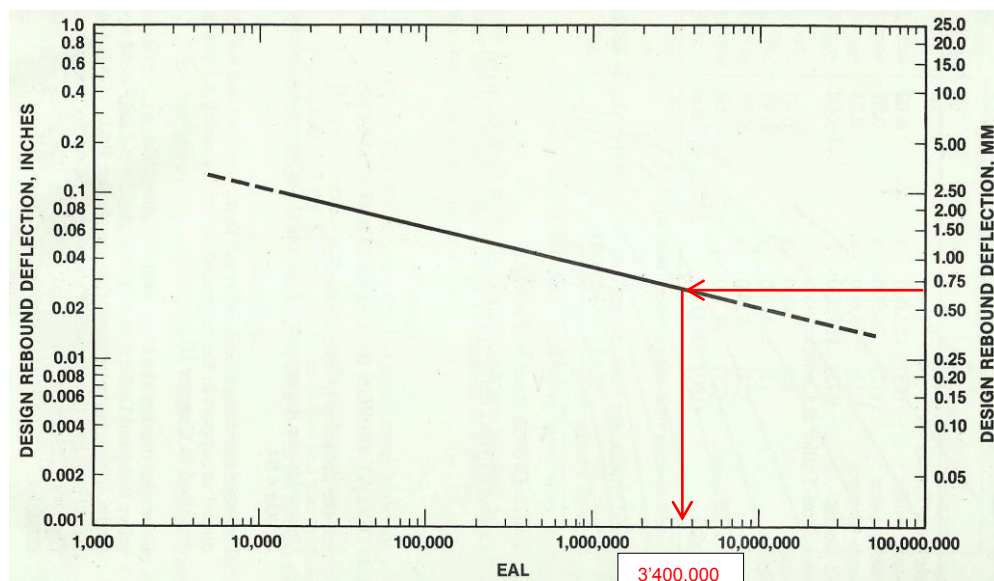


FIGURA 82 – Gráfica para determinar la deflexión admisible.

- c. Ahora, se divide el EAL_r para el EAL del 2008 de la AGR y se obtiene el Factor de Crecimiento. Este factor con el Porcentaje de Crecimiento del Tráfico se ingresa en el siguiente cuadro para conseguir el Período de Diseño. Este valor es el número estimado de años antes de que sea necesario un reforzamiento.

$$\text{FACTOR DE CRECIMIENTO} = 3400000 / 730114 = 4.66$$

$$\text{PORCENTAJE DE CRECIMIENTO DEL TRÁFICO} = \text{Estimado } 2\%$$

CUADRO 53

FACTOR DE CRECIMIENTO Y PERÍODO DE DISEÑO

Design Period, Years (n)	Annual Growth Rate, Percent (r)						
	No Growth	2	4	5	6	7	8
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32

Interpolando el Factor de Crecimiento se obtuvo que el Período de Diseño es igual a 4,4 años, es decir, aproximadamente 4 años 5 meses.

2.3. ESTRUCTURAS DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS VIALES

El cálculo para obtener la calificación final de cada elemento de Estructuras de Drenaje y Estructuras Viales se explica en el CAPITULO IV – Metodología para calificar el estado físico de una carretera pavimentada.

2.3.1. PUENTES

CUADRO 54

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO PUENTE

Condición Actual del Puente			
Componente Principal	Valor Relativo	Calificación (0 - 5)	Calificación
Superestructura	0,35	4,5	1,6
Infraestructura	0,35	4,4	1,5
Accesos	0,1	4	0,4
Funcionamiento del Puente			
Componente Principal	Valor Relativo	Calificación (0 - 5)	Calificación
Funcionamiento	0,2	4,8	1,0

PUENTE	4,5
---------------	------------

La calificación final del elemento Puente es de 4,5 como se muestra en el cuadro anterior.

2.3.2. ALCANTARILLAS DE CAJÓN

CUADRO 55

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO ALCANTARILLA DE CAJÓN

ABSCISA	LONGITUD (m)	CONDICION ACTUAL			FUNCIONAMIENTO	CALIFICACIÓN
		ESTRUCTURAS	ALETAS	REPLANTILLO		
		Valor relativo = 0,4	Valor relativo = 0,24	Valor relativo = 0,16	Valor relativo = 0,2	
1+137	48	3,8	3,7	4,1	4	3,9
3+280	62	3,9	3,6	4,2	3,9	3,9
7+159	68	3,5	3,2	3,6	3,8	3,5

SUMATORIA (CALIFICACION * LONGITUD DE ALCANTARILLA DE CAJÓN)	664,056
SUMATORIA DE LONGITUD DE ALCANTARILLA DE CAJÓN	178

ALCANTARILLA DE CAJÓN	3,7
------------------------------	------------

La calificación final del elemento Alcantarilla de Cajón es de 3,7 como se muestra en el cuadro anterior.

2.3.3. ALCANTARILLAS

CUADRO 56

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO ALCANTARILLA

ABSCISA	LONG. (m)	CONDICION ACTUAL			FUNCIONAMIENTO			CALIFICACIÓN DE LA ALCANTARILLA
		TUB. CONDUCCIÓN	EST. ENTRADA	EST. SALIDA	TUB. CONDUCCIÓN	EST. ENTRADA	EST. SALIDA	

		Valor relativo = 0,36	Valor relativo = 0,16	Valor relativo = 0,16	Valor relativo = 0,16	Valor relativo = 0,08	Valor relativo = 0,08	
0+002	60	3,8	3,7	4,1	3,5	4,1	2,7	3,7
0+165	25	2,9	3,6	4,2	3,8	3,3	3,6	3,5
0+380	26	3,5	3,2	3,6	3,6	3,8	3,7	3,5
0+506	30	3,3	3,6	3,9	3,4	3,6	4,0	3,5
0+618	35	3,7	3,2	3,8	3,1	3,3	4,2	3,5
0+853	38	2,8	2,9	4,0	2,9	3,8	3,0	3,1
1+078	40	3,6	3,5	3,3	2,7	3,5	3,5	3,4
1+245	40	4,1	3,3	3,8	3,6	3,3	3,8	3,8
1+761	35	3,2	3,4	3,5	3,9	3,2	3,6	3,4
1+828	35	2,6	3,4	3,5	3,5	2,9	3,4	3,1
1+300	48	3,9	2,6	3,3	3,3	3,2	3,1	3,4
3+690	40	2,7	3,9	3,2	3,4	2,6	2,9	3,1
4+620	40	3,6	3,7	2,9	3,4	3,9	3,3	3,5
4+782	42	3,7	3,6	3,2	2,6	2,7	3,2	3,3
4+822	45	4,0	3,8	2,6	3,9	3,6	2,9	3,6
5+391	30	4,2	3,3	3,9	3,7	3,7	3,5	3,8
5+512	32	3,0	4,1	2,7	3,6	4,2	3,3	3,3
5+955	35	3,5	3,3	3,6	3,8	3,0	3,4	3,5
6+070	65	3,8	3,8	3,7	3,3	3,5	3,4	3,6
6+303	40	3,6	3,6	3,5	4,2	3,8	2,6	3,6
6+661	40	3,4	3,3	3,8	3,0	3,6	3,9	3,4
6+784	35	3,1	3,8	3,6	3,5	3,4	3,7	3,4
7+085	32	2,9	3,0	3,4	3,8	3,1	3,6	3,2
7+360	38	2,7	3,5	3,1	3,6	2,9	3,8	3,1
7+778	55	3,6	3,8	2,9	3,4	3,5	3,3	3,5
8+848	58	3,9	3,6	2,7	3,1	3,3	3,8	3,5
9+022	62	3,5	3,4	3,6	2,9	3,4	4,0	3,4
10+670	45	3,6	3,1	3,9	4,1	3,4	3,3	3,6
10+796	42	3,3	2,9	2,7	3,2	2,6	3,8	3,1
11+190	35	3,1	2,7	3,6	2,6	3,9	3,6	3,1
11+556	35	4,3	3,8	3,7	3,9	3,7	3,5	3,9
10+954	40	3,9	4,0	4,0	2,7	3,6	3,3	3,7

9+950	42	4,1	3,3	4,2	3,6	3,8	3,2	3,8
9+543	45	3,6	3,8	3,0	3,7	3,3	2,9	3,5
8+986	48	3,9	3,6	3,5	2,7	3,5	3,3	3,5
8+666	50	3,7	3,5	3,8	3,5	3,8	3,6	3,7
8+466	50	3,8	3,3	3,6	3,5	3,6	4,1	3,6
8+305	65	4,0	3,2	2,7	3,3	3,4	3,2	3,4
8+227	62	3,3	2,7	3,5	3,6	3,1	2,6	3,2
8+106	60	3,8	3,6	3,5	3,8	2,9	3,9	3,7
7+953	55	3,6	3,7	3,8	3,3	2,7	2,7	3,5
7+717	55	3,5	4,0	4,1	4,0	3,6	3,6	3,8
5+189	52	3,3	4,2	3,3	3,5	3,9	3,7	3,6
4+396	62	3,2	3,0	3,8	3,5	2,9	2,7	3,2
4+241	45	2,9	3,5	3,6	3,8	3,6	3,5	3,4
3+673	40	3,5	3,8	3,3	4,0	3,7	3,5	3,6
3+196	40	3,3	3,6	3,8	3,3	4,0	3,5	3,5
2+830	45	3,4	3,1	4,2	3,8	4,2	3,8	3,6
2+740	70	3,4	2,9	3,0	3,6	3,0	3,6	3,3
2+598	40	2,6	2,7	3,5	3,5	3,5	3,4	3,0
2+186	40	3,9	3,6	3,8	3,3	4,1	3,1	3,7
1+871	35	3,7	3,9	3,6	3,2	3,3	2,9	3,5
1+771	30	3,6	2,7	3,4	2,9	3,8	2,7	3,3
0+469	30	3,8	3,5	3,1	3,3	3,6	3,6	3,5
0+165	32	3,3	3,5	2,9	3,6	3,3	3,9	3,4

SUMATORIA (CALIFICACION * LONGITUD DE ALCANTARILLA)	8296,42
SUMATORIA DE LONGITUD DE ALCANTARILLA	2391

ALCANTARILLA	3,5
--------------	-----

La calificación final del elemento Alcantarilla es de 3,5 como se muestra en el cuadro anterior.

2.3.4. CUNETAS

CUADRO 57

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO CUNETA

UBICACIÓN	LONGITUD (m)	CONDICIÓN ACTUAL	FUNCIONAMIENTO	CALIFICACIÓN
		Valor relativo = 0,6	Valor relativo = 0,4	
EXTERNA DERECHO	11627	3	3,3	3,1
EXTERNA IZQUIERDO	7847	2,8	3,1	2,9
INTERMEDIA	6473	1,9	2,3	2,1

SUMATORIA (CALIFICACION * LONGITUD DE LA CUNETA)	72523,86
SUMATORIA DE LONGITUD DE CUNETA	25947

<i>CUNETA</i>	2,8
---------------	-----

La calificación final del elemento Cuneta es de 2,8 como se muestra en el cuadro anterior.

2.3.5. FILTROS Y SUBDRENES

CUADRO 58

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO FILTROS Y SUBDRENES

SENTIDO	LONGITUD (m)	FUNCIONAMIENTO	CALIFICACIÓN
QUITO - PEAJE	3950	Funcionando	5
PEAJE - VALLE	7760	Funcionando	5

SUMATORIA (CALIFICACION * LONGITUD DEL FILTRO)	58550
SUMATORIA DE LONGITUD DE FILTRO	11710

<i>FILTROS Y SUBDRENES</i>	5
----------------------------	---

La calificación final del elemento Filtros y subdrenes es de 5 como se muestra en el cuadro anterior.

2.3.6. ENCAUZAMIENTOS

CUADRO 59

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO ENCAUZAMIENTO

Condición	Valor Relativo	Calificación (0 - 5)	Calificación
Condición Actual	0,6	3,8	2,3
Funcionamiento	0,4	4	1,6

ENCAUZAMIENTO REVESTIDO	3,9
--------------------------------	------------

La calificación final del elemento Encauzamiento es de 3,9 como se muestra en el cuadro anterior.

2.3.7. OTRAS OBRAS DE DRENAJE

CUADRO 60

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO BOMBEO

Condición	Valor Relativo	Calificación (0 - 5)	Calificación
Condición Actual	0,6	4,4	2,6
Funcionamiento	0,4	4,8	1,9

BOMBEO	4,6
---------------	------------

La calificación final del elemento Bombeo es de 4,6 como se muestra en el cuadro anterior.

2.3.8. BORDILLOS

CUADRO 61

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO BORDILLO

TRAMO	UBICACIÓN	LONGITUD (m)	CONDICIÓN ACTUAL	FUNCIONAMIENTO	CALIFICACIÓN
			Valor realtivo = 0,6	Valor realtivo = 0,4	
0+000 - 3+850	CARRIL 2 IZQUIERDO	3850	2,8	2,8	2,8
0+000 - 3+850	CARRIL 5 IZQUIERDO	3850	3,2	3,2	3,2
3+941 - 11+703	CARRIL 5 IZQUIERDO	7762	4,1	4,1	4,1
3+981 - 11+376	CARRIL 1 DERECHO	7395	2,9	2,9	2,9
4+009 - 11+298	CARRIL 4 IZQUIERDO	7289	2,2	2,2	2,2
4+162 - 10+154	CARRIL 2 IZQUIERDO	5992	1,3	1,3	1,3

SUMATORIA (CALIFICACION * LONGITUD DEL BORDILLO)	100195,1
SUMATORIA DE LONGITUD DE BORDILLO	36138

BORDILLOS	2,8
------------------	------------

La calificación final del elemento Bordillo es de 2,8 como se muestra en el cuadro anterior.

2.3.9. MUROS DE CONTENCIÓN

CUADRO 62

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO MUROS DE CONTENCIÓN

ABSCISA	LONGITUD (m)	CONDICION ACTUAL	CALIFICACIÓN
1+603	9,3	4,0	4,0
2+851	6,3	5,0	5,0
4+723	5,6	3,8	3,8
4+845	3,8	4,1	4,1
4+948	8,1	4,4	4,4
6+093	6,2	4,2	4,2
6+184	4,0	4,6	4,6
6+579	6,5	4,0	4,0
7+200	6,1	4,3	4,3
7+223	4,1	4,5	4,5
7+797	5,3	4,7	4,7
9+663	5,2	4,2	4,2
10+716	8,9	4,0	4,0

SUMATORIA (CALIFICACION * LONGITUD DEL MURO DE CONTENCIÓN)	338,67
SUMATORIA DE LONGITUD DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN	79,4

<i>MUROS DE CONTENCIÓN</i>	4,3
----------------------------	-----

La calificación final del elemento Muros de Contención es de 4,3 como se muestra en el cuadro anterior.

2.4. ZONAS LATERALES

El cálculo para obtener la calificación final de cada elemento de las Zonas Laterales se explica en el CAPITULO IV – Metodología para calificar el estado físico de una carretera pavimentada.

2.4.1. TALUDES

CUADRO 63

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO TALUDES

ABSCISA	UBICACIÓN	LONGITUD (m)	ESTABILIDAD	CALIFICACIÓN
0+000 - 1+977	DERECHO	1977	Moder. Estable	3,1
3+850 - 4+047	DERECHO	197	Moder. Estable	3,5
4+621 - 4+782	DERECHO	161	Moder. Estable	3,2
4+948 - 4+994	DERECHO	46	Moder. Estable	3,6
5+351 - 5+676	DERECHO	325	Moder. Estable	3,4
5+756 - 6+224	DERECHO	468	Moder. Estable	3,9
6+579 - 6+661	DERECHO	82	Moder. Estable	3,8
6+743 - 7+041	DERECHO	298	Moder. Estable	3,7
7+200 - 7+396	DERECHO	196	Moder. Estable	3,6
7+474 - 7+747	DERECHO	273	Moder. Estable	4,0
9+045 - 9+164	DERECHO	119	Moder. Estable	3,8
10+305 - 10+615	DERECHO	310	Moder. Estable	3,3
10+515 - 10+315	IZQUIERDO	200	Estable	4,1
9+991 - 9+745	IZQUIERDO	246	Moder. Estable	4,0
9+663 - 9+383	IZQUIERDO	280	Moder. Estable	3,8
9+263 - 8+986	IZQUIERDO	277	Moder. Estable	4,0
8+486 - 8+305	IZQUIERDO	181	Moder. Estable	3,6
7+912 - 7+261	IZQUIERDO	651	Moder. Estable	3,5
6+973 - 6+848	IZQUIERDO	125	Moder. Estable	3,1
5+320 - 5+240	IZQUIERDO	80	Moder. Estable	3,6
4+549 - 4+160	IZQUIERDO	389	Moder. Estable	3,3
3+673 - 3+095	IZQUIERDO	578	Inestable	2,9
3+030 - 2+785	IZQUIERDO	245	Moder. Estable	3,3
2+724 - 2+104	IZQUIERDO	620	Mala	1,0
1+882 - 1+652	IZQUIERDO	230	Mala	1,8

SUMATORIA (CALIFICACION * LONGITUD DEL TALUD)	27500,2
SUMATORIA DE LONGITUD DE LOS TALUDES	8554

TALUD	3,2
-------	-----

La calificación final del elemento Talud es de 3,2 como se muestra en el cuadro anterior.

2.4.2. ESPALDONES

CUADRO 64

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO ESPALDONES

TRAMO	UBICACIÓN	LONGITUD	% DE DAÑOS	CALIFICACIÓN
0+000 - 11+710	CARRIL 1	11710	1,0	4,8
3+904 - 11+710	CARRIL 3	7806	4,0	4,2
11+710 - 3+904	CARRIL 7	7806	2,5	4,5
3+904 - 0+000	CARRIL 6	3904	3,5	4,3

SUMATORIA (CALIFICACION * LONGITUD DEL ESPALDON)	140907,4
SUMATORIA DE LONGITUD DE LOS ESPALDONES	31226

ESPALDON	4,5
----------	-----

La calificación final del elemento Espaldones es de 4,5 como se muestra en el cuadro anterior.

2.4.3. DERECHO DE VÍA**2.4.3.1 Vegetación en 5 metros**

CUADRO 65

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO VEGETACIÓN EN 5 METROS

VEGETACIÓN EN 5 METROS	25 cm
------------------------	-------

Condición	Calificación
Altura (m)	1,5

La calificación final del elemento Vegetación en 5 metros es de 1,5 como se muestra en el cuadro anterior.

2.4.3.2 Vegetación en el resto del Derecho de Vía

CUADRO 66

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO VEGETACIÓN EN EL RESTO DEL DERECHO DE VÍA

<i>VEGETACIÓN EN EL RESTO DE LA VÍA</i>	1 m
---	-----

<i>Condición</i>	<i>Calificación</i>
Altura (m)	1,8

La calificación final del elemento Vegetación en el resto de la vía es de 1,8 como se muestra en el cuadro anterior.

2.4.3.3 Utilización indebida

CUADRO 67

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO UTILIZACIÓN INDEBIDA

<i>UTILIZACIÓN INDEBIDA</i>	mala
-----------------------------	------

<i>Condición</i>	<i>Calificación</i>
Utilización	0,2

La calificación final del elemento Utilización indebida es de 0,2 como se muestra en el cuadro anterior.

2.4.3.4 Peligros al tráfico

CUADRO 68

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO PELIGROS AL TRÁFICO

<i>PELIGROS AL TRÁFICO</i>	no hay
----------------------------	--------

<i>Condición</i>	<i>Calificación</i>
Existentes	5

La calificación final del elemento Peligros al Tráfico es de 5 como se muestra en el cuadro anterior.

2.4.3.5 Cercas

CUADRO 69

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO CERCAS

<i>CERCAS</i>	55%
---------------	-----

<i>Condición</i>	<i>Calificación</i>
% Existentes	0,5

La calificación final del elemento Cercas es de 0,5 como se muestra en el cuadro anterior.

2.5. SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL

El cálculo para obtener la calificación final de cada elemento de la Señalización y Seguridad Vial se explica en el CAPITULO IV – Metodología para calificar el estado físico de una carretera pavimentada.

2.5.1. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

2.5.1.1 Señalización Central

CUADRO 70

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL CENTRAL

<i>SEÑALIZACIÓN CENTRAL</i>	31,5
-----------------------------	------

<i>Condición</i>	<i>Calificación</i>
% de Reflectancia	0,1

La calificación final del elemento Señalización Central es de 0,1 como se muestra en el cuadro anterior.

2.5.1.2 Señalización Lateral

CUADRO 71

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL LATERAL

<i>SEÑALIZACIÓN LATERAL</i>	36,1
-----------------------------	------

<i>Condición</i>	<i>Calificación</i>
% de Reflectancia	0,6

La calificación final del elemento Señalización Lateral es de 0,6 como se muestra en el cuadro anterior.

2.5.2. SEÑALIZACIÓN VERTICAL

2.5.2.1 Señalización Vertical

CUADRO 72

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO SEÑALIZACIÓN VERTICAL

SEÑALIZACIÓN VERTICAL	90
-----------------------	----

Condición	Calificación
% Existentes	4

La calificación final del elemento Señalización Vertical es de 4 como se muestra en el cuadro anterior.

2.5.2.2 Defensas Metálicas

CUADRO 73

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO DEFENSAS METÁLICAS

DEFENSAS METÁLICAS	75,5
--------------------	------

Condición	Calificación
% Existentes	2,8

La calificación final del elemento Defensas Metálicas es de 2,8 como se muestra en el cuadro anterior.

2.5.2.3 Postes de Referencia

CUADRO 74

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO POSTES DE REFERENCIA

POSTES DE REFERENCIA	88
----------------------	----

Condición	Calificación
% Existentes	3,8

La calificación final del elemento Postes de Referencia es de 3,8 como se muestra en el cuadro anterior.

2.5.3. SEÑALIZACIÓN ESPECIAL

CUADRO 75

CALIFICACIÓN DEL ELEMENTO SEÑALIZACIÓN ESPECIAL

<i>SEÑALIZACIÓN ESPECIAL</i>	100
------------------------------	-----

<i>Condición</i>	<i>Calificación</i>
% Existentes	5

La calificación final del elemento Señalización Especial es de 5 como se muestra en el cuadro anterior.

2.6. CUADRO DE RECOPIACION DE LAS CALIFICACIONES DE LOS ELEMENTOS Y SUB-ELEMENTOS

CUADRO 76

RESUMEN DE LAS CALIFICACIONES DE LA CONDICIÓN DE LA CALZADA DE LA AGR

Aspectos	Elementos	Sub-elementos	Valor Relativo	Calificación (0 - 5)	Calificación
Condición de la Calzada			0,5	3,9	1,9
	Elementos Funcionales				
		Rugosidad (IRI)	0,4	4,8	1,9
		Índice de Condición del Pavimento (PCI)	0,4	2,7	1,1
		Resistencia al Deslizamiento	0,2	4,2	0,84

CUADRO 77

RESUMEN DE LAS CALIFICACIONES DE LAS ESTRUCTURAS DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS VIALES DE LA AGR

Aspectos	Elementos	Valor Relativo	Calificación (0 - 5)	Calificación
Estructuras de Drenaje y Estructuras Viales		0,25	4,1	1,0
	Puentes.	0,3	4,5	1,3
	Alcantarillas de Cajón.	0,1	3,7	0,4
	Alcantarillas.	0,1	3,5	0,3
	Cunetas.	0,1	2,8	0,3
	Filtros o Subdrenes.	0,15	5,0	0,8
	Encauzamientos.	0,05	3,9	0,2
	Otras Obras de Drenaje.	0,05	4,6	0,2
	Bordillos.	0,05	2,8	0,1
	Muros de Contención.	0,1	4,3	0,4

CUADRO 78

RESUMEN DE LAS CALIFICACIONES DE LAS ZONAS LATERALES DE LA AGR

Aspectos	Elementos	Sub-elementos	Valor Relativo	Calificación (0 - 5)	Calificación
Zonas Laterales			0,1	3,3	0,3
	Taludes.		0,45	3,2	1,4
	Espaldones.		0,3	4,5	1,4
	Derecho de vía:		0,25	0,5	0,5
		Vegetación en 5 metros.	0,05	1,5	0,1
		Vegetación en el resto del derecho de vía.	0,05	1,8	0,1
		Utilización indebida.	0,05	0,2	0,0
		Peligros al tráfico.	0,05	5,0	0,3
		Cercas.	0,05	0,5	0,0

CUADRO 79

RESUMEN DE LAS CALIFICACIONES DE LA SEÑALIZACIÓN DE LA AGR

Aspectos	Elementos	Sub-elementos	Valor Relativo	Calificación (0 - 5)	Calificación
Señalización			0,15	1,7	0,3
	Señalización Horizontal.		0,6	0,3	0,2
		Señalización Central.	0,35	0,1	0,0
		Señalización Lateral.	0,25	0,6	0,2
	Señalización Vertical.		0,3	3,3	1,0
		Señalización Vertical.	0,1	4	0,4
		Defensas Metálicas.	0,15	2,8	0,4
		Postes de Referencia.	0,05	3,8	0,2
	Señalización Especial.		0,1	5	0,5

2.7. CUADRO DE RECOPILACION DE LAS CALIFICACIONES DE LOS ASPECTOS DE LA CARRETERA Y OBTENCIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO DE LA AUTOPISTA GENERAL RUMIÑAHUI

CUADRO 80

RESUMEN DE LAS CALIFICACIONES DE LOS ASPECTOS DE LA CARRETERA NIVEL DE SERVICIO DE LA AGR

Aspectos	Valor Relativo	Calificación (0 - 5)	Calificación
Condición de la Calzada	0,5	3,9	1,9
Estructuras de Drenaje y Estructuras Viales	0,25	4,1	1,0
Zonas Laterales	0,1	3,3	0,3
Señalización	0,15	1,7	0,3
NIVEL DE SERVICIO DE LA AGR			3,5