

GUÍA PARA REALIZAR LOS DISEÑOS DE SEÑALIZACIÓN VIAL EN CARRETERAS COLOMBIANAS

GUÍA PARA REALIZAR LOS DISEÑOS DE SEÑALIZACIÓN VIAL EN CARRETERAS COLOMBIANAS



República de Colombia
MINISTERIO DE TRANSPORTE

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIVIL

BOGOTÁ D.C.



EQUIPO DE TRABAJO

Este documento es el resultado del trabajo integrado de un equipo de varias personas, tanto del Departamento de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana, como del Ministerio de Transporte, entre los cuales se contaba con expertos en diversas temáticas relacionadas con la señalización de proyectos viales, tales como el diseño geométrico de vías, el tránsito y transporte, y la seguridad vial; de igual manera, para la diagramación del documento, y elaboración de figuras y esquemas, se contó con el apoyo de una publicista.

DEL INVESTIGADOR (PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA)

M. Sc. Carlos Fabián Flórez Valero	: Director de la investigación
M. Sc. Ana Patricia Herrera Medina	: Experta en tránsito
M. Sc. Antonio López Rodríguez	: Experto en diseño geométrico
Ing. David Pérez Barbosa	: Ingeniero de apoyo
Pub. Ángela María Rodríguez H.	: Publicista

DEL INTERVENTOR (MINISTERIO DE TRANSPORTE)

Dr. Gerardo Ávila Rodríguez

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1 ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE EN COLOMBIA	3
1.1 CÓDIGO NACIONAL DE TRÁNSITO (CNT)	3
1.2 PLAN NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL (PNSV)	16
1.2.1 PROGRAMAS DEL PNSV	19
1.3 MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL	24
1.3.1 CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LAS SEÑALES VERTICALES	28
1.4 MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS	41
1.5 MANUAL DE AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIAL (ASV)	50
2 MANUALES CONSULTADOS DE OTROS PAÍSES	53
2.1 MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL DEL ESTADO DE BRITISH COLUMBIA, CANADÁ	53
2.2 NORMAS 8.1-IC Y 8.2-IC DE ESPAÑA	54
2.3 MANUAL DE DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO EN VIALIDADES DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA (MÉXICO)	54
2.4 MANUAL DE SEÑALIZACIÓN DE GRAN BRETAÑA	54
2.5 MANUAL DE SEÑALIZACIÓN DE CHILE	55
2.6 MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁFICO DE ESTADOS UNIDOS (MUTCD)	55
2.7 MANUAL CENTROAMERICANO DE DISPOSITIVOS UNIFORMES PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO	56
3 CRITERIOS RELEVANTES PARA LA UTILIZACIÓN DE SEÑALES	57
3.1 DEFINICIÓN Y FINALIDAD	57
3.2 FUNDAMENTOS DE LOS DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO	58

3.3	INTENCIÓN COMUNICATIVA DE LAS SEÑALES	61
3.4	CRITERIOS GENERALES PARA DIFERENCIAR Y DETERMINAR EL TAMAÑO DE LAS SEÑALES	64
3.5	CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LAS SEÑALES	67
3.6	CRITERIOS GENERALES PARA LA LOCALIZACIÓN DE SEÑALES	73
3.6.1	UBICACIÓN LATERAL DE SEÑALES VERTICALES	74
3.6.2	POSICIONAMIENTO LONGITUDINAL	82
3.6.3	CRITERIOS SOBRE LA ALTURA DE UBICACIÓN DE LAS SEÑALES	98
3.6.4	ÁNGULO DE VISIÓN DE LAS SEÑALES	101
3.7	INSTALACIÓN Y AGRUPACIÓN DE SEÑALES EN UN POSTE	105
3.8	CRITERIO PARA LA UTILIZACIÓN DE SEÑALES ELEVADAS	109
4	BARRERAS DE CONTENCIÓN	111
4.1	INTRODUCCIÓN	111
4.2	BARRERAS DE CONTENCIÓN O DEFENSAS VIALES	113
4.2.1	DEFINICIÓN	113
4.2.2	OBJETIVO	113
4.2.3	ESTADO DEL ARTE EN COLOMBIA	114
4.3	ESTADO DEL ARTE EN OTROS PAÍSES:	120
4.3.1	EN ESTADOS UNIDOS:	120
4.3.2	EN MÉXICO	122
4.3.3	EN VENEZUELA	129
4.3.4	EN COSTA RICA	133
4.3.5	EN CHILE	134
4.3.6	EN PARAGUAY	135
4.3.7	EN ARGENTINA	137
4.3.8	EN ESPAÑA	138
4.4	CLASIFICACIÓN GENERAL DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN	145
4.4.1	BARRERA FLEXIBLE DE CABLE DE ACERO TRIPLE:	145
4.4.2	BARRERA FLEXIBLE DE CABLE DE ACERO CUÁDRUPLE - SISTEMA BRIFEN	147
4.4.3	BARRERA FLEXIBLE DE PERFIL "W" O DOBLE ONDA SIMPLE, POSTE DÉBIL	150
4.4.4	BARRERA FLEXIBLE DE PERFIL TRIPLE ONDA SIMPLE, POSTE DÉBIL	151
4.4.5	BARRERA SEMIRRÍGIDA DE PERFIL "W" O DOBLE ONDA SIMPLE, POSTE RÍGIDO CON SEPARADOR	152
4.4.6	BARRERA SEMIRRÍGIDA DE PERFIL TRIPLE ONDA SIMPLE, POSTE RÍGIDO CON SEPARADOR	155
4.4.7	BARRERA SEMIRRÍGIDA DE PERFIL TRIPLE ONDA SIMPLE, POSTE RÍGIDO CON SEPARADOR MODIFICADO	156
4.4.8	BARRERA SEMIRRÍGIDA DE PERFIL TRIPLE ONDA SIMPLE, POSTE RÍGIDO CON SEPARADOR EUROPEO	157
4.4.9	BARRERA SEMIRRÍGIDA DE PERFIL DE ACERO REVESTIDO EN MADERA	158
4.4.10	BARRERA SEMIRRÍGIDA DE PERFIL DE ACERO REVESTIDO EN MADERA, SISTEMA BOIS DE TERTU	158

4.4.11	BARRERAS RÍGIDAS DE PERFIL DE CONCRETO	159
4.5	CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD DE BARRERAS DE CONTENCIÓN	170
4.5.1	CAPACIDAD DE LA BARRERA	174
4.5.2	DEFLEXIÓN ESPERADA DE LA BARRERA	174
4.5.3	CONDICIONES DEL LUGAR	176
4.5.4	COMPATIBILIDAD	176
4.6	CRITERIOS GRLES PARA LA INSTALACIÓN DE BARRERAS DE CONTENCIÓN	178
4.6.1	TERRAPLENES	179
4.6.2	OBSTÁCULOS LATERALES	181
4.6.3	PEATONES, CICLISTAS Y “ESPECTADORES INOCENTES”	182
4.6.4	COSTOS Y CICLO DE VIDA	186
4.6.5	MANTENIMIENTO	187
4.7	CONSIDERACIONES FINALES SOBRE BARRERAS LATERALES	189
5	GUÍA PARA LA UTILIZACIÓN DE SEÑALIZACIÓN ESPECÍFICA	192
5.1	SEÑAL SR-01 - PARE	192
5.2	SEÑAL SR-02 - CEDA EL PASO	197
5.3	SEÑALES SR-06 Y SR-08. PROHIBICIÓN DE GIROS	199
5.4	SR-17 - VEHÍCULOS PESADOS A LA DERECHA.	200
5.5	SR-26 - SEÑAL DE PROHIBIDO ADELANTAR	200
5.6	SR-28 Y SR-28A - NO ESTACIONAR (NI DETENERSE)	202
5.7	SR-30 - VELOCIDAD MÁXIMA	203
5.8	SR-44. ESPACIAMIENTO	206
5.9	CURVAS PELIGROSAS Y PRONUNCIADAS	206
5.10	SP-24, SP-25 Y SP-26 SEÑALES DE PERFIL IRREGULAR (VER FIGURA 103)	213
5.11	SP-27. DESCENSO PELIGROSO	215
5.12	SEÑAL SP-40. FLECHA DIRECCIONAL	216
5.13	SP-46, SP-47 Y SP-48. ADVERTENCIA SOBRE PEATONES	216
5.14	SP-52, SP-53 Y SP-54 SEÑALES DE PASO A NIVEL	218
5.15	SEÑAL SP-67 RIESGO DE ACCIDENTE	219
5.16	SEÑAL SI-04 POSTE DE REFERENCIA	220
5.17	SEÑALES INFORMATIVAS DE DESTINO, SI-05 (A,B,C) Y SI-06	221

5.18	SEÑALES INFORMATIVAS DE SERVICIOS	225
5.19	DELINEADORES DE CURVA HORIZONTAL	227
6	SEÑALIZACIÓN VARIABLE O DINÁMICA	228
6.1	TIPOS DE PANELES O SEÑALES DE MENSAJES VARIABLES	228
6.1.1	SEÑALES MECÁNICAS	229
6.1.2	SEÑALES DE FUNCIONAMIENTO ELÉCTRICO:	229
6.2	OPERACIONES ESPECIALES DE TRÁFICO	232
6.3	INSTALACIÓN DE PANELES DE SEÑALIZACIÓN DINÁMICA	235
6.4	PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LOS PANELES	237
6.5	REGLAMENTACIÓN DE LA CIRCULACIÓN CON PANELES DINÁMICOS	243
7	CRITERIOS DE IMPLEMENTACIÓN EN SITUACIONES TÍPICAS	245
7.1	LÍMITES DE VELOCIDAD	245
7.1.1	ZONAS RESIDENCIALES	246
7.1.2	LOCALIZACIÓN DE SEÑALES DE LÍMITES DE VELOCIDAD	248
7.2	ZONA ESCOLAR	251
7.3	INTERSECCIONES A NIVEL	256
7.3.1	PROHIBICIÓN DE GIROS	257
7.4	DIVERGENCIAS, SALIDAS O BIFURCACIONES EN VÍAS RÁPIDAS	263
7.4.1	BIFURCACIONES ESCALONADAS EN VÍAS CONVENCIONALES	266
7.5	CONVERGENCIAS, ENTRADAS, CONFLUENCIAS	267
7.6	CURVAS	268
7.6.1	VELOCIDAD SUGERIDA EN CURVAS	269
7.6.2	SEÑALIZACIÓN SOBRE ADELANTAMIENTO	274
7.7	INICIO Y FINALIZACIÓN DE CARRETERAS Y VÍAS DE DOBLE CALZADA	280
7.8	PASOS A NIVEL	282
7.9	TÚNELES	285
8	EJEMPLO PILOTOS DE SEÑALIZACIÓN EN CONDICIONES GEOMÉTRICAS TÍPICAS	289
8.1	DISEÑO GEOMÉTRICO	289

8.2 CRUCES VIALES	290
8.2.1 SEÑALIZACIÓN Y CONCEPTO GENERAL	290
8.2.2 PARE EN LA TRAYECTORIA SECUNDARIA	291
8.2.3 CEDA EL PASO EN LA TRAYECTORIA SECUNDARIA	293
8.2.4 SEÑALIZACIÓN DE LA TRAYECTORIA PRINCIPAL	294
8.3 GLORIETAS	295
8.3.1 SEÑALIZACIÓN Y CONCEPTO GENERAL	296
8.3.2 ENTRADAS	301
8.3.3 CALZADA CENTRAL	301
8.3.4 SALIDAS	301
8.4 SEÑALIZACIÓN DE VELOCIDAD MÁXIMA	301
8.4.1 GENERALIDADES	301
8.5 SEÑALIZACIÓN SOBRE TRAMOS DE ADELANTAMIENTO	302
8.5.1 GENERALIDADES	302
8.6 SEÑALES DE DESTINO	303
8.7 SEÑALIZACIÓN Y DELINEADORES DE PISO	304
8.8 PILOTOS DE SEÑALIZACIÓN CON SEÑALES INFORMATIVAS DE DESTINOS	304
9 ESTUDIOS DE INGENIERÍA PARA REALIZAR DISEÑOS DE SEÑALIZACIÓN VIAL	310
9.1 CONSIDERACIONES PRELIMINARES	310
9.1.1 TIPO DE VÍA	310
9.1.2 SEÑALES	311
9.2 ESTUDIOS DE OPERACIÓN DE LA VÍA	312
9.2.1 ACCIDENTALIDAD:	312
9.2.2 VELOCIDAD	314
9.2.3 COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO	315
9.2.4 VISITAS EN CAMPO	316
9.3 USUARIOS EN LA VÍA	316
9.3.1 PEATONES	317
9.3.2 CICLISTAS:	318
9.3.3 ECUESTRES Y CABALGADURAS	319
9.3.4 TRANSPORTE DE CARGA	319
9.3.5 TRANSPORTE PÚBLICO	322
9.4 CARACTERIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	323
9.4.1 INTERSECCIONES	323
9.4.2 ALINEAMIENTO	325
9.4.3 SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA VÍA	325
9.5 CONDICIONES DEL ENTORNO DE LA VÍA	328

10	SEÑALIZACIÓN NO INCLUIDA EN EL MANUAL COLOMBIANO	331
10.1	CEDA EL PASO	331
10.2	TRÁNSITO DE VEHÍCULOS PESADOS EN CARRILES ESPECIALES	333
10.3	SEÑALES DE NO ESTACIONAR	333
10.4	ESPACIAMIENTO	335
10.5	INDICACIÓN DE DISTANCIAS Y LONGITUDES	336
10.6	SEÑALIZACIÓN DE DESCENSO O ASCENSO	337
10.7	SP-28 A SP-30. REDUCCIONES DE ANCHO DE CALZADA	340
10.8	SEÑAL DE CRUCE PEATONAL	341
10.9	LÍMITES DE VELOCIDAD	342
10.10	INTERSECCIONES EN CURVAS	346
10.11	PREVENCIÓN EN CURVAS PELIGROSAS	349
10.12	SENTIDO DE CIRCULACIÓN PROHIBIDO	351
10.13	MANEJO DE INTERSECCIONES A NIVEL	353
10.14	RESTRICCIONES DE ADELANTAMIENTO	355
10.15	SEÑALES DE INDICACIÓN DE CARRILES	357
10.16	PELIGRO EN LA VÍA	359
10.17	OTRAS SEÑALES	359
11	BIBLIOGRAFÍA	369

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 PROGRAMAS DEL PNSV.....	20
FIGURA 2. RECOMENDACIONES PARA UBICACIÓN LATERAL DE LAS SEÑALES EN VÍA RURAL.....	27
FIGURA 3. EJEMPLO DE SEÑALES PREVENTIVAS TÍPICAS.....	29
FIGURA 4. SEÑALES QUE NO SIGUEN LOS CRITERIOS DE UNIFORMIDAD DE LAS SEÑALES PREVENTIVAS.....	29
FIGURA 5. EJEMPLO DE SEÑALES REGLAMENTARIAS TÍPICAS.....	31
FIGURA 6. SEÑALES QUE NO SIGUEN LOS CRITERIOS DE UNIFORMIDAD DE LAS SEÑALES REGLAMENTARIAS.....	31
FIGURA 7 SEÑALES INFORMATIVAS DE IDENTIFICACIÓN.....	34
FIGURA 8. POSTE DE REFERENCIA DE ABSCISADO.....	34
FIGURA 9. IMAGEN: SEÑALES INFORMATIVAS TÍPICAS.....	34
FIGURA 10. SEÑAL INFORMATIVA SI-05.....	35
FIGURA 11. SEÑALES INFORMATIVAS DE DESTINO.....	36
FIGURA 12. SEÑALES ELEVADAS TIPO BANDERA, DOBLE BANDERA Y PASAVÍAS.....	37
FIGURA 13. LONGITUD MÍNIMA DE CURVAS VERTICALES Y DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA SEGÚN LA VELOCIDAD DE DISEÑO	48
FIGURA 14. EJEMPLO DE USO DE MENSAJES DE TEXTO EN UNA SEÑAL.....	63
FIGURA 15. ALGUNAS SEÑALES DE ADVERTENCIA DE PELIGRO DE ACUERDO CON LA NORMA ESPAÑOLA 8.1-IC.....	68
FIGURA 16. ALGUNAS SEÑALES DE PRIORIDAD DE ACUERDO CON LA NORMA ESPAÑOLA 8.1-IC	69
FIGURA 17. ALGUNAS SEÑALES DE PROHIBICIÓN DE ENTRADA DE ACUERDO CON LA NORMA ESPAÑOLA 8.1-IC.....	69
FIGURA 18 ALGUNAS SEÑALES DE RESTRICCIÓN DE PASO DE ACUERDO CON LA NORMA ESPAÑOLA 8.1-IC	69
FIGURA 19 OTRAS SEÑALES DE PROHIBICIÓN O RESTRICCIÓN DE ACUERDO CON LA NORMA ESPAÑOLA 8.1-IC.....	69
FIGURA 20 ALGUNAS SEÑALES DE OBLIGACIÓN DE ACUERDO CON LA NORMA ESPAÑOLA 8.1-IC	70
FIGURA 21 SEÑALES DE FIN DE PROHIBICIÓN O RESTRICCIÓN DE ACUERDO CON LA NORMA ESPAÑOLA 8.1-IC.....	70
FIGURA 22 SEÑALES DE INDICACIONES GENERALES DE ACUERDO CON LA NORMA ESPAÑOLA 8.1-IC	70
FIGURA 23 SEÑALES DE INDICACIÓN DE CARRILES DE ACUERDO CON LA NORMA ESPAÑOLA 8.1-IC	71
FIGURA 24 SEÑALES DE INDICACIÓN DE SERVICIOS DE ACUERDO CON LA NORMA ESPAÑOLA 8.1-IC	71
FIGURA 25 CARTELES DE PRE SEÑALIZACIÓN DE ACUERDO CON LA NORMA ESPAÑOLA 8.1-IC	71
FIGURA 26 SEÑALES DE DIRECCIÓN DE ACUERDO CON LA NORMA ESPAÑOLA 8.1-IC	71
FIGURA 27 DELINEADOR DE CURVA HORIZONTAL Y DELINEADOR DE OBSTÁCULOS ..	75
FIGURA 28 UBICACIÓN LATERAL DE UNA SEÑAL EN UNA VÍA CON TALUD Y CUNETA ...	76
FIGURA 29 UBICACIÓN LATERAL DE UNA SEÑAL SOBRE ANDÉN.....	77
FIGURA 30 DISTANCIAS MÍNIMAS PARA LA UBICACIÓN LATERAL DE UNA SEÑAL, EN ZONA URBANA (A) Y EN CARRETERA EN ZONA RURAL (B).....	78
FIGURA 31 SEÑALES A UBICAR SIEMPRE EN AMBOS COSTADOS DE LA CALZADA	79
FIGURA 32 UBICACIÓN LATERAL DE SEÑALES VERTICALES EN ESPACIO URBANO	80
FIGURA 33 UBICACIÓN LATERAL PARA UNA SEÑAL ELEVADA TIPO BANDERA.....	81
FIGURA 34. CRITERIOS DE UBICACIÓN DE SEÑALES PREVENTIVAS TIPO “B”	85

FIGURA 35. CRITERIOS DE UBICACIÓN DE SEÑALES PREVENTIVAS TIPO “C”	87
FIGURA 36. UBICACIÓN DE ANTICIPADA DE SEÑALES PREVENTIVAS TIPO “D” EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DE RECORRIDO Y LA REDUCCIÓN DE VELOCIDAD QUE ES NECESARIA PARA EL CONDUCTOR QUE CIRCULA.	90
FIGURA 37. DISTANCIAS QUE DETERMINAN LA UBICACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN.....	92
FIGURA 38. CONO DE VISIBILIDAD DE UN VEHÍCULO	94
FIGURA 39. DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS DE LECTURA DE UNA SEÑAL UBICADA LATERALMENTE A LA VÍA	96
FIGURA 40. DISTANCIA LONGITUDINAL DE DESPEJE MÍNIMA PARA VISUALIZACIÓN DE UNA SEÑAL.	96
FIGURA 41. DISTANCIA DE SEPARACIÓN (MÍNIMA Y MÁXIMA, EN M) ENTRE LAS SEÑALES PREVENTIVAS Y EL SITIO QUE REPRESENTA PELIGRO, EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO (PERCENTIL 85).	98
FIGURA 42. ALTURA DE LAS SEÑALES VERTICALES UBICADAS A UN COSTADO DE LA CARRETERA	100
FIGURA 43. ALTURA DE SEÑAL INFORMATIVA DE DECISIÓN DE DESTINO	101
FIGURA 44. ÁNGULO DE UBICACIÓN RESPECTO A UN EJE LONGITUDINAL	102
FIGURA 45. ÁNGULO DE GIRO RESPECTO A EJE TRANSVERSAL AL TRAZADO DE LA VÍA	104
FIGURA 46. ÁNGULO DE UBICACIÓN RESPECTO AL EJE DE LA VÍA	105
FIGURA 47. EJEMPLO DE UBICACIÓN DE SEÑALES DE NOMENCLATURA VIAL (SI-26) BAJO UNA SEÑAL PREVENTIVA DE CRUCE.	106
FIGURA 48. UBICACIÓN DE DELINEADOR DE OBSTÁCULOS BAJO SEÑAL DE INICIO DE CALZADA (SR-46)	106
FIGURA 49. USO DE SEÑALES ELEVADAS EN VÍA	110
FIGURA 50. DELINEADORES DE OBSTÁCULO (DIMENSIONES EN CENTÍMETROS)	115
FIGURA 51. USO DE LOS DELINEADORES DE CANALIZACIÓN.....	116
FIGURA 52. CAPTAFAROS	117
FIGURA 53. DEFENSA METÁLICA CON DELINEADORES DE CURVA HORIZONTAL	118
FIGURA 54. DEFENSA METÁLICA CON DOBLE PERFIL W	119
FIGURA 55. DEFENSA METÁLICA CON PERFIL “W”	120
FIGURA 56. DEFENSA METÁLICA TÍPICA	121
FIGURA 57. DETALLE BARRERA METÁLICA	123
FIGURA 58. DETALLE CONSTRUCCIÓN BARRERA DE HORMIGÓN	124
FIGURA 59. BARANDAL DE PROTECCIÓN	125
FIGURA 60. DEFENSAS LATERALES DE LÁMINA GALVANIZADA.....	126
FIGURA 61. DEFENSAS LATERALES DE CONCRETO REFORZADO.	126
FIGURA 62. FORMA DE ANCLAJE EN LOS EXTREMOS DE DEFENSAS.	127
FIGURA 63. AMORTIGUADOR DE IMPACTO	128
FIGURA 64. RAMPA DE FRENADO DE EMERGENCIA	129
FIGURA 65. DETALLE DEFENSA DE DOS ONDAS. PLANTA Y SECCIÓN	130
FIGURA 66. DEFENSA LATERAL.....	131
FIGURA 67. DEFENSA INSTALADA SOBRE EL SEPARADOR CENTRAL	133
FIGURA 68. BARRERA NEW JERSEY “IN SITU”.....	138
FIGURA 69. DEFENSAS METÁLICAS Y BARRERAS RÍGIDAS PARA CANALIZACIÓN TEMPORAL DEL TRÁFICO.....	139
FIGURA 70. BARRERAS DE HORMIGÓN COMBINADA CON BARRERAS METÁLICAS	141
FIGURA 71. BARRERAS DE HORMIGÓN CON EMPRADIZACIÓN	142
FIGURA 72. BARRERA FLEXIBLE DE PERFIL “W”	151
FIGURA 73. BARRERA FLEXIBLE DE PERFIL TRIPLE ONDA.....	152
FIGURA 74. BARRERA SEMIRRÍGIDA DE PERFIL “W”	153
FIGURA 75. TERMINAL ROMPIBLE ACANALADO DE CABLE.....	154
FIGURA 76. BARRERA SEMIRRÍGIDA DE PERFIL TRIPLE ONDA SIMPLE	156
FIGURA 77. BARRERA RÍGIDA DE PERFIL DE CONCRETO	160

FIGURA 78. BARRERAS DE CONCRETO TIPO NEW JERSEY Y “F”	162
FIGURA 79. TRANSICIÓN DESDE BARRERA FLEXIBLE A BARRERA DE PUENTE	166
FIGURA 80. EJEMPLO DE UNA MALA PRÁCTICA: GUARDAVÍAS NO ENSAYADOS	167
FIGURA 81. TRANSICIÓN DESDE BARRERA SEMIRRÍGIDA (VIGA-W) HASTA BARRERA RÍGIDA	168
FIGURA 82. BARRERA DE CABLES DE ALAMBRE USADA COMO BARRERA DE MEDIANA Y TRANSICIÓN CON BARRERA DE AGUJERO CUADRADO	169
FIGURA 83. BARRERA DE CONCRETO CON BARANDAS METÁLICAS	170
FIGURA 84. RECOMENDACIÓN PARA LA INSTALACIÓN DE BARRERAS EN TERRAPLENES.	180
FIGURA 85. RECOMENDACIÓN PARA LA JUSTIFICACIÓN DE UNA BARRERA CENTRAL..	186
FIGURA 86. SEÑALES DE PARE Y SENTIDO DE CIRCULACIÓN	193
FIGURA 87. COMBINACIONES PARA LA SEÑAL DE PARE	193
FIGURA 88. UBICACIÓN DE SEÑAL DE PARE EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DE APROXIMACIÓN (PERCENTIL 85) Y LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN EL CRUCE	196
FIGURA 89. UBICACIÓN DE SEÑAL DE PARE EN INTERSECCIÓN VIAL	196
FIGURA 90. USO COMBINADO DE SEÑALES DE PARE Y CEDA EL PASO EN UNA INTERSECCIÓN	198
FIGURA 91. SEÑAL DE CEDA EL PASO EN INTERSECCIÓN	199
FIGURA 92. SEÑALES DE PROHIBICIÓN DE ESTACIONAMIENTO Y PARADA	203
FIGURA 93. UBICACIÓN SUGERIDA DE SEÑALES DE VELOCIDAD MÁXIMA	205
FIGURA 94. EJEMPLO DE SEÑALES SR-30 QUE NO ESTÁN DE ACUERDO AL MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL COLOMBIANO	205
FIGURA 95. SEÑAL DE ESPACIAMIENTO SR-44	206
FIGURA 96. DISPOSITIVOS PARA SEÑALIZAR CURVAS HORIZONTALES ANTICIPADAMENTE	207
FIGURA 97. SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA DE CURVA PELIGROSA CON VELOCIDAD SUGERIDA.	208
FIGURA 98. USO DE LAS SEÑALES DE CURVA DE ACUERDO CON SU RADIO Y PERALTE EN VÍAS NACIONALES	211
FIGURA 99. USO DE LAS SEÑALES DE CURVA EN VÍAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS CON PERALTES CERCANOS AL MÁXIMO (8%).	211
FIGURA 100. SEÑALIZACIÓN DE CURVA CON SEÑALES DE CURVA SENCILLA	212
FIGURA 101. USO DE SEÑALES DE CURVA Y CONTRACURVA.	213
FIGURA 102. USO DE SEÑAL DE CURVAS SUCESIVAS.	213
FIGURA 103. SEÑALES QUE INDICAN UN PERFIL IRREGULAR	214
FIGURA 104. SEÑAL PREVENTIVA SP-27	215
FIGURA 105. SEÑALES DE PEATONES EN LA VÍA	218
FIGURA 106. SEÑAL INFORMATIVA SI-24	218
FIGURA 107. SEÑALES PREVENTIVAS PARA EL PASO A NIVEL	219
FIGURA 108. SEÑAL PREVENTIVA SP-67	220
FIGURA 109. SEÑALIZACIÓN INFORMATIVA DE DESTINO	222
FIGURA 110. FLECHA VERTICAL HACIA ARRIBA EN SEÑALES DE INFORMACIÓN PREVIA DE DESTINO	222
FIGURA 111. FLECHAS DIAGONALES	223
FIGURA 112. FLECHAS HORIZONTALES	223
FIGURA 113. FLECHAS EN SEÑALES ELEVADAS	224
FIGURA 114. CRITERIO DE JERARQUÍA PARA SEÑALES INFORMATIVAS DE DESTINO LATERALES Y ELEVADAS.	225
FIGURA 115. ALGUNAS SEÑALES INFORMATIVAS DE SERVICIOS	226
FIGURA 116. DIVERSOS USOS DE LA SEÑALIZACIÓN DINÁMICA	231
FIGURA 117. TIEMPOS DE LECTURA Y DISTANCIAS PROMEDIO RECORRIDAS PARA MENSAJES VARIABLES DE DIFERENTE EXTENSIÓN.	240
FIGURA 118. EJEMPLO DE MENSAJES UTILIZABLES EN SEÑALIZACIÓN DINÁMICA	240

FIGURA 119. EJEMPLO DE PICTOGRAMAS UTILIZADOS EN SEÑALIZACIÓN DINÁMICA EN ESPAÑA.	241
FIGURA 120. SEÑALIZACIÓN VIRTUAL.	244
FIGURA 121. PLACA DE VELOCIDAD SUGERIDA.	247
FIGURA 122. SEÑALIZACIÓN DE VELOCIDAD MÁXIMA EN ZONAS ESCOLARES.	255
FIGURA 123. SEÑALIZACIÓN RECOMENDADA PARA UNA ZONA ESCOLAR.	255
FIGURA 124. DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN INTERSECCIONES.	256
FIGURA 125. SEÑALES DE PARE Y CEDA EL PASO.	257
FIGURA 126. SEÑALES DE PREVENCIÓN DE PARE Y CEDA EL PASO.	257
FIGURA 127. SEÑALES DE REGULACIÓN DE MOVIMIENTOS EN GIROS.	258
FIGURA 128. SEÑALES REGLAMENTARIAS DE SENTIDOS DE CIRCULACIÓN.	259
FIGURA 129. EJEMPLO DE MANEJO DE INTERSECCIONES A NIVEL EN VÍAS.	260
FIGURA 130. INDICACIÓN DE GIROS MEDIANTE SEÑALES DE “GIRO SOLAMENTE”.	261
FIGURA 131. CARRILES DE DESACELERACIÓN EN VÍAS CON DOBLE CALZADA (SENTIDO ÚNICO DE CIRCULACIÓN).	264
FIGURA 132. SALIDA DE AUTOPISTA CON PÉRDIDA DE CARRIL EN EL TRONCO.	264
FIGURA 133. BIFURCACIÓN EN AUTOPISTA.	265
FIGURA 134. USO DE SEÑALES EN BIFURCACIONES ESCALONADAS.	266
FIGURA 135. ENTRADA A AUTOPISTA, CON CARRIL DE ACELERACIÓN.	267
FIGURA 136. SEÑAL SR-26 “PROHIBIDO ADELANTAR”.	268
FIGURA 137. EJEMPLOS DE SEÑALIZACIÓN PREVIA A CURVAS.	271
FIGURA 138. USO DE DELINEADORES EN CURVA EN UNA CARRETERA.	274
FIGURA 139. COMPARACIÓN DE DISTANCIAS DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO EN VARIOS MANUALES.	276
FIGURA 140. DEMARCACIÓN DE ZONAS DE ADELANTAMIENTO PROHIBIDO.	277
FIGURA 141. TRANSICIÓN DE AUTOPISTA A CARRETERA DE UNA CALZADA.	281
FIGURA 142. TRANSICIÓN DE AUTOPISTA A VÍA URBANA.	282
FIGURA 143. SEÑALIZACIÓN PASOS A NIVEL.	284
FIGURA 144. USO DE SEÑAL PREVENTIVA SP-37.	287
FIGURA 145. PILOTO DE SEÑALIZACIÓN PARA INTERSECCIÓN EN CRUZ.	292
FIGURA 146. PILOTO DE SEÑALIZACIÓN PARA INTERSECCIÓN EN “T” CON CARRILES DE GIRO.	293
FIGURA 147. PILOTO DE SEÑALIZACIÓN EN UNA INTERSECCIÓN EN “T” SIMPLE.	295
FIGURA 148. PILOTO DE SEÑALIZACIÓN EN GLORIAS.	299
FIGURA 149. ESQUEMA PILOTO DE SEÑALIZACIÓN, INTERCAMBIADOR VIAL BOGOTÁ – FACATATIVÁ - MADRID.	300
FIGURA 150. EJEMPLOS DE SECUENCIAS DE PRE SEÑALIZACIÓN CON SEÑALES ELEVADAS TIPO BANDERA Y PASAVÍAS.	306
FIGURA 151. EJEMPLOS DE SECUENCIAS DE PRE-SEÑALIZACIÓN CON SEÑALES ELEVADAS TIPO BANDERA.	307
FIGURA 152. EJEMPLOS DE SECUENCIAS DE PRE SEÑALIZACIÓN CON SEÑALES LATERALES Y ELEVADAS TIPO BANDERA.	308
FIGURA 153. EJEMPLOS DE SECUENCIAS DE PRE SEÑALIZACIÓN INFORMATIVA DE DESTINO CON SEÑALES LATERALES.	309
FIGURA 154. SEÑALES UTILIZADAS PARA REGULAR EL FLUJO DE PEATONES.	317
FIGURA 155. SEÑALES UTILIZADAS PARA LA REGULACIÓN DEL TRÁNSITO DE CICLISTAS.	318
FIGURA 156. SEÑALES UTILIZADAS EN EL MSV PARA LA REGULACIÓN DEL TRÁNSITO CON ANIMALES DE TIRO.	319
FIGURA 157. ALGUNAS SEÑALES DEL MSV PARA LA RESTRICCIÓN DE LA CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS DE CARGA.	321
FIGURA 158. SEÑALIZACIÓN EN VÍA DE RESTRICCIONES AL TRANSPORTE DE CARGA.	322
FIGURA 159. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL INDICADA EN EL MSV PARA INDICAR PARADEROS DE BUS.	323

FIGURA 160. SEÑALES PREVENTIVAS DE CRUCE	324
FIGURA 161. DEMARCACIÓN DE APROXIMACIÓN A OBSTRUCCIONES	327
FIGURA 162. SEÑAL PREVENTIVA SP-42	329
FIGURA 163. COMBINACIONES, SEÑAL DE CEDA EL PASO ADOPTADAS POR EL MANUAL CENTROAMERICANO.	331
FIGURA 164 VARIACIONES A LA SEÑAL DE CEDA EL PASO, MANUAL CENTROAMERICANO	332
FIGURA 165. USOS ALTERNATIVOS DE LA INDICACIÓN DE “CEDA EL PASO” O “PARE” EN CRUCES PEATONALES.	332
FIGURA 166 SEÑALES DEL MANUAL CENTROAMERICANO PARA REGULAR TRÁFICO DE CAMIONES	333
FIGURA 167. USO DE SEÑAL DE “PROHIBIDO ESTACIONAR” CON PLACA COMPLEMENTARIA.....	334
FIGURA 168 PLACAS COMO COMPLEMENTO A SEÑAL DE PROHIBIDO ESTACIONAR....	335
FIGURA 169. SEÑALES COMPLEMENTARIAS A LAS DE ESPACIAMIENTO.....	335
FIGURA 170 SEÑAL DE SEPARACIÓN ENTRE VEHÍCULOS	336
FIGURA 171. TEXTO COMPLEMENTARIO DE INDICACIÓN DE DISTANCIA EN SEÑALES ..	336
FIGURA 172. INDICACIÓN DE LONGITUDES EN TEXTO COMPLEMENTARIO	337
FIGURA 173. SEÑALIZACIÓN DE ASCENSO Y DESCENSO UTILIZADA EN EL MANUAL DE CHILE	338
FIGURA 174 SEÑALIZACIÓN DE ASCENSO Y DESCENSO UTILIZADA EN EL MANUAL BRITÁNICO	338
FIGURA 175. SEÑALIZACIÓN DE ASCENSO Y DESCENSO UTILIZADA EN EL MANUAL CENTROAMERICANO.	338
FIGURA 176 SEÑALES PREVENTIVAS DE REDUCCIÓN DE CALZADA	340
FIGURA 177. SEÑAL TIPO DE INDICACIÓN DE REDUCCIÓN DE CARRILES	340
FIGURA 178. SEÑAL DE CRUCE DE PEATONES UTILIZADA EN ESPAÑA.	341
FIGURA 179. EJEMPLO DE PASO PEATONAL EN UNA BOCACALLE DE GLORIETA.	342
FIGURA 180. SEÑALES PARA LAS RESTRICCIONES DIFERENCIADAS DE VELOCIDAD MÁXIMA UTILIZADAS POR EL MANUAL CENTROAMERICANO	343
FIGURA 181 EJEMPLOS DE SEÑALIZACIÓN PARA VELOCIDAD MÍNIMA	344
FIGURA 182. SEÑALES PREVENTIVAS DE LÍMITE DE VELOCIDAD	346
FIGURA 183. EJEMPLO DE SEÑALES UTILIZADAS PARA INDICAR UNA CURVA CON INTERSECCIÓN DE UNA VÍA LATERAL A NIVEL.....	347
FIGURA 184 VÍA PRINCIPAL GIRANDO A LA IZQUIERDA, CON VÍA SECUNDARIA QUE SIGUE EN LÍNEA RECTA.....	348
FIGURA 185 TERMINACIÓN DE VÍA SECUNDARIA EN INTERSECCIÓN CON CURVA DE VÍA PRINCIPAL	349
FIGURA 186. USO DE SEÑALES ELEVADAS EN UNA CURVA PELIGROSA	351
FIGURA 187 SEÑALES UTILIZADAS PARA REGULAR LA CIRCULACIÓN EN CONTRAVÍA	352
FIGURA 188. EJEMPLO DE UBICACIÓN DE SEÑALES REGLAMENTARIAS DE CIRCULACIÓN EN CONTRAVÍA	352
FIGURA 189 ALGUNAS SEÑALES PREVENTIVAS DE VÍA LATERAL O INTERSECCIÓN, UTILIZADAS EN ESPAÑA	353
FIGURA 190 ALGUNAS SEÑALES PREVENTIVAS DE VÍA LATERAL O INTERSECCIÓN UTILIZADAS EN MÉXICO	354
FIGURA 191. EJEMPLO DE USO DE SEÑALES PREVENTIVAS (MODIFICADAS) PARA INDICAR EL CURSO DE LA VÍA PRINCIPAL EN UNA INTERSECCIÓN EN “T” NO CONVENCIONAL.	354
FIGURA 192. EJEMPLO DE MODIFICACIONES SUGERIDAS A LOS PICTOGRAMAS DE LAS SEÑALES PREVENTIVAS DE CRUCE O BIFURCACIÓN	355
FIGURA 193. SEÑALES DE FIN DE RESTRICCIÓN DE “PROHIBIDO ADELANTAR”	356
FIGURA 194. EJEMPLO DE UNA SEÑAL DE “PERMITIDO ADELANTAR”	356
FIGURA 195. EJEMPLO DEL USO DE FLECHAS EN UNA ZONA DE PREAVISO.	356

FIGURA 196. IMPLEMENTACIÓN DE ZONAS DE PREAVISO PARA CARRETERAS COLOMBIANAS	357
FIGURA 197. EJEMPLO DE SEÑALES DE INDICACIÓN DE CARRILES EN ESPAÑA	358
FIGURA 198. SEÑALES DE INDICACIÓN DE CARRILES APLICABLES PARA CARRETERAS COLOMBIANAS	358
FIGURA 199. EJEMPLO DE SEÑALES PREVENTIVAS DE INDICACIÓN DE CARRILES, CANADÁ.	358
FIGURA 200. SEÑAL DE ADVERTENCIA DE PELIGRO	359
FIGURA 201. SOBREVUELO DE AVIONES A BAJA ALTURA	360
FIGURA 202. SEÑALES PARA INDICAR PRESENCIA DE VIENTO FUERTE EN LA VÍA	360
FIGURA 203. SEÑALES PARA INDICAR RIESGO DE CONGESTIÓN EN LA VÍA.....	361
FIGURA 204. SEÑALES PARA REGLAMENTAR LA PRELACIÓN AL SENTIDO CONTRARIO DE CIRCULACIÓN	362
FIGURA 205. SEÑALES PARA ADVERTIR SOBRE CURVAS CON ÁNGULOS DE DEFLEXIÓN CERCANOS A 180°.	362
FIGURA 206. LIMITACIONES ADICIONALES DE CIRCULACIÓN PARA CAMIONES.....	363
FIGURA 207. SEÑALES PREVENTIVAS DE PRESENCIA DE VEHÍCULOS DE TRACCIÓN ANIMAL SOBRE LA VÍA	363
FIGURA 208. SEÑAL PREVENTIVA DE PRESENCIA DE JINETES SOBRE LA VÍA.	364
FIGURA 209. SEÑAL PREVENTIVA DE USUARIOS CON MOVILIDAD REDUCIDA SOBRE LA VÍA O EN SUS INMEDIACIONES.	364
FIGURA 210. SEÑALES PREVENTIVAS DE GRAVILLA SOBRE LA VÍA	365
FIGURA 211. SEÑALES PREVENTIVAS DE DESNIVEL SEVERO.....	365
FIGURA 212. SEÑALES PREVENTIVAS – DESPACIO.....	366
FIGURA 213. SEÑAL INFORMATIVA UTILIZADA EN LA UNIÓN EUROPEA - TÚNEL.....	366
FIGURA 214. ALGUNAS SEÑALES INFORMATIVAS DE RECOMENDACIÓN.....	368

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS DE ACUERDO AL CÓDIGO NACIONAL DE TRÁNSITO	13
TABLA 2. PROGRAMAS Y SUBPROGRAMAS DE APOYO DEL PNSV RELEVANTES PARA LOS DISEÑOS DE SEÑALIZACIÓN VIAL	22
TABLA 3. ESCENARIOS PARA DEFINIR EL TAMAÑO DE LAS SEÑALES VERTICALES	28
TABLA 4. DISTANCIA DE UBICACIÓN LONGITUDINAL DE LAS SEÑALES PREVENTIVAS DE ACUERDO A LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE LA VÍA, EN VÍAS RURALES	30
TABLA 5. SUB-CLASIFICACIÓN DE LAS SEÑALES INFORMATIVAS	32
TABLA 6. FORMAS Y COLORES DE LAS SEÑALES INFORMATIVAS	33
TABLA 7. RECOMENDACIONES PARA LA UBICACIÓN DE LAS SEÑALES INFORMATIVAS SEGÚN SU TIPO	35
TABLA 8. CLASIFICACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL SEGÚN EL MANUAL DE SEÑALIZACIÓN DE COLOMBIA	39
TABLA 9. DISPOSITIVOS PARA LA REGULACIÓN DEL TRÁNSITO REFERENCIADOS POR EL MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL COLOMBIANO	40
TABLA 10. CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE TERRENO QUE ATRAVIESE UNA VÍA	43
TABLA 11. RANGOS DE ASIGNACIÓN DE VELOCIDADES DE DISEÑO DE TRAMOS HOMOGÉNEOS	46
TABLA 12. DISTANCIAS MÍNIMAS DE VISIBILIDAD DE PARADA Y LONGITUDES MÍNIMAS PARA CURVAS VERTICALES, SEGÚN CRITERIO DE OPERACIÓN	47
TABLA 13. TIPOS DE INTERSECCIONES EN CARRETERAS	49
TABLA 14. ALGUNOS ASPECTOS GENERALES DE RELEVANCIA A CONSIDERAR EN UNA LISTA DE CHEQUEO, RELEVANTES PARA LOS DISEÑOS DE SEÑALIZACIÓN VIAL	51
TABLA 15. ASPECTOS BÁSICOS DE LOS DISEÑOS DE SEÑALIZACIÓN CONTEMPLADOS EN EL MUTCD	60
TABLA 16. DIÁMETROS UTILIZADOS (EN MM) PARA LAS SEÑALES DE “LÍMITE DE VELOCIDAD” EN DIFERENTES MANUALES	66
TABLA 17. DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEPARACIÓN LATERAL RECOMENDADAS POR EL MANUAL CHILENO	77
TABLA 18. RECOMENDACIÓN PARA LA UBICACIÓN LATERAL DE LAS SEÑALES DADA POR LA NORMA ESPAÑOLA 8.1-IC	79
TABLA 19. SEÑALES PREVENTIVAS TIPO “A” EN EL MSV COLOMBIANO	83
TABLA 20. SEÑALES PREVENTIVAS TIPO “B” EN EL MSV COLOMBIANO	84
TABLA 21. CRITERIOS DE UBICACIÓN DE SEÑALES PREVENTIVAS TIPO “B”	85
TABLA 22. SEÑALES PREVENTIVAS TIPO “C” EN EL MSV COLOMBIANO	86
TABLA 23. CRITERIOS DE UBICACIÓN DE SEÑALES PREVENTIVAS TIPO “C”	87
TABLA 24. SEÑALES PREVENTIVAS TIPO “D” EN EL MSV COLOMBIANO	88
TABLA 25. UBICACIÓN LONGITUDINAL ANTICIPADA (EN M) DE LAS SEÑALES PREVENTIVAS TIPO “D”, EN FUNCIÓN DE LA REDUCCIÓN DE VELOCIDAD ESPERADA	89
TABLA 26. DISTANCIA DE REITERACIÓN PARA SEÑALES REGLAMENTARIAS	95
TABLA 27. DISTANCIA LONGITUDINAL DE DESPEJE MÍNIMA PARA VISUALIZACIÓN DE UNA SEÑAL	97
TABLA 28. RECOMENDACIONES PARA ALTURA MÍNIMA DE LOS ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN	99
TABLA 29. RECOPIACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES SOBRE ALTURA DE LAS SEÑALES	99
TABLA 30. RECOMENDACIONES PARA LA ALTURA DE LAS SEÑALES DADA POR LA NORMA 8.1-IC DE ESPAÑA	100
TABLA 31. ORDEN RECOMENDADO PARA LA COLOCACIÓN DE SEÑALES (DE ARRIBA HACIA ABAJO) EN UN MISMO POSTE	108

TABLA 32. DISTANCIA DE UBICACIÓN DE BARRERAS DE SEGURIDAD	137
TABLA 33. SELECCIÓN DEL NIVEL DE CONTENCIÓN RECOMENDADO PARA BARRERAS DE SEGURIDAD METÁLICAS, SEGÚN EL RIESGO DE ACCIDENTE.	141
TABLA 34. NORMAS AEN/CTN 135/SC 1 "BARRERAS DE SEGURIDAD"	143
TABLA 35. NORMAS UNE-EN "BARRERAS DE SEGURIDAD"	144
TABLA 36. CLASIFICACIÓN GENERAL DE BARRERAS POR TIPOLOGÍAS PRINCIPALES SEGÚN EL SISTEMA	145
TABLA 37. COMPARACIÓN ENTRE LOS PROCEDIMIENTOS PARA ACEPTACIÓN DE BARRERAS DE CONTENCIÓN	171
TABLA 38. CRITERIOS DE EVALUACIÓN EN CADA PROCEDIMIENTO NORMALIZADO ----	172
TABLA 39. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE BARRERAS DE CONTENCIÓN.	173
TABLA 40. TIPOS DE BARRERAS Y DEFLEXIONES ESPERADAS	175
TABLA 41. RECOMENDACIÓN DE INSTALACIÓN PARA ZONAS NO TRASPASABLES Y OBSTÁCULOS LATERALES.	184
TABLA 42. RELACIÓN ENTRE EL ANCHO DEL SEPARADOR Y LA SELECCIÓN DE LA BARRERA CENTRAL	186
TABLA 43. DISTANCIA MÍNIMA DE VISIBILIDAD DE CRUCE PARA LA UBICACIÓN UNA SEÑAL DE PARE	195
TABLA 44. RADIOS MÍNIMOS DE CURVATURA PARA UTILIZACIÓN DE SEÑALES DE CURVA.	209
TABLA 45. VARIACIÓN DEL RADIO MÍNIMO DE CURVATURA EN FUNCIÓN DEL PERALTE DE LA VÍA	210
TABLA 46. COMPARACIÓN ENTRE VALORES DE ENTRETANGENCIA MÁXIMOS ENTRE CURVAS HORIZONTALES QUE JUSTIFICAN EL USO DE SEÑALES DEL TIPO "CURVA Y CONTRACURVA"	212
TABLA 47. LONGITUDES MÍNIMAS DE PENDIENTE PARA SEÑALIZACIÓN DE DESCENSO PELIGROSO	216
TABLA 48. UBICACIÓN DE LAS SEÑALES ELEVADAS EN FUNCIÓN DE SU TPD	221
TABLA 49. SECUENCIAS DE PRE-SEÑALIZACIÓN DE SEÑALES INFORMATIVAS DE DESTINO, PARA VÍAS DE DOS CARRILES POR SENTIDO	225
TABLA 50. DISTANCIA ENTRE DELINEADORES DE CURVA HORIZONTAL	227
TABLA 51. ALGUNOS DISPOSITIVOS DE SEÑALIZACIÓN DINÁMICA DE FUNCIONAMIENTO ELÉCTRICO.	232
TABLA 52. SITUACIONES EN VÍA QUE AMERITAN INDICAR LA REDUCCIÓN DE VELOCIDAD O DESVIACIONES.	235
TABLA 53. DISTANCIA DE VISIBILIDAD GEOMÉTRICA MÍNIMA (EN M) A UNA SEÑAL DE LIMITACIÓN DE VELOCIDAD	249
TABLA 54. DISTANCIA ENTRE SEÑALES SUCESIVAS DE VELOCIDAD LIMITADA	250
TABLA 55. CRITERIOS PARA EL USO DE SEÑALES DE PARE O CEDA EL PASO EN INTERSECCIONES A NIVEL	261
TABLA 56. INDICACIÓN DE MOVIMIENTOS DE GIRO	262
TABLA 57. DISTANCIAS MÍNIMAS DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO SEGÚN LA VELOCIDAD EN LA VÍA	269
TABLA 58. RECOMENDACIÓN DE DISTANCIAS PARA UBICAR SEÑALES EN CURVAS EN LAS CUALES SE REQUIERE REDUCIR CONSIDERABLEMENTE LA VELOCIDAD DE MARCHA.	272
TABLA 59. COMPARACIÓN DE DISTANCIAS DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO EN VARIOS MANUALES.	275
TABLA 60. DEMARCACIÓN DE LÍNEAS CENTRALES DE "PROHIBIDO ADELANTAR" EN CARRETERAS	277
TABLA 61. LONGITUD MÍNIMA DE ZONAS DE PROHIBICIÓN DE ADELANTAMIENTO DE ACUERDO A LA VELOCIDAD SOBRE LA VÍA.	278
TABLA 62. LONGITUD MÍNIMA DE ZONAS DE ADELANTAMIENTO PERMITIDO DE ACUERDO A LA VELOCIDAD SOBRE LA VÍA.	278

TABLA 63. LONGITUDES A CONSIDERAR PARA ZONA DE PREAVISO DE ACUERDO A LA VELOCIDAD SOBRE LA VÍA.-----	278
TABLA 64. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD EN TÚNELES Y SEÑALIZACIÓN VERTICAL A UTILIZAR -----	285
TABLA 65. SEÑALIZACIÓN SUGERIDA EN GLORIETAS -----	297
TABLA 66. ANCHURA DE LOS CARRILES EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD LIMITADA ----	302
TABLA 67. DATOS NECESARIOS PARA CÁLCULO DE INDICADORES DE ACCIDENTALIDAD -----	313
TABLA 68. INDICADORES DE ACCIDENTALIDAD-----	314
TABLA 69. SEÑALES DEL MSV COLOMBIANO PARA LA RESTRICCIÓN DE VEHÍCULOS DE CARGA -----	321
TABLA 70. SITIOS ESPECIALES Y VELOCIDAD SUGERIDA-----	328
TABLA 71. LONGITUDES CRÍTICAS DE PENDIENTE EN DESCENSO-----	339
TABLA 72. POSIBILIDADES DE SEÑALIZACIÓN EN EL CRUCE MOSTRADO -----	348
TABLA 73. SEÑALES INFORMATIVAS DE RECOMENDACIÓN UTILIZADAS EN MÉXICO ---	367

INTRODUCCIÓN

En el año 2009, el Ministerio de Transporte decidió hacer un concurso público con el objeto de que algún grupo de investigación del país realizara una Investigación para estructurar una guía para realizar los diseños de señalización vial en las carreteras colombianas. Investigación que fue adjudicada a la Pontificia universidad Javeriana mediante el Contrato 111 de 2009; todo en el marco del Plan Nacional de Seguridad Vial.

Frente a la crítica situación que presenta Colombia, en lo referente a los diseños de señalización vial, se considera pertinente que el país cuente con alguna guía que consolide y establezca criterios, para realizar la señalización vial de nuestras vías, tanto como principales, como secundarias y terciarias; ya que es común encontrar que los consultores en Colombia no otorguen la necesaria importancia al diseño de señalización en los proyectos viales, relegando a un segundo plano esta actividad, con el consecuente aumento de riesgo de accidentes y la precaria señalización de las carreteras.

No existe en Colombia un único documento que establezca cuáles son los criterios para realizar el diseño de señalización de una carretera; el Manual de Diseño Geométrico de Vías establece algunos lineamientos, el Manual de Señalización Vial establece los dispositivos de control que se pueden usar, el Código Nacional de tránsito establece algunos aspectos normativos, la Guía para la Elaboración de Auditorías de Seguridad Vial del Plan Vial y de Desarrollo “Plan 2500” establece algunos aspectos específicos de las auditorías de seguridad vial; no obstante, la ingeniería de vías colombiana no cuenta con un único documento que unifique criterios para la realización rigurosa de los diseños de señalización vial. Es por ello que se evalúan las condiciones actuales de estos documentos desde el punto de vista técnico, donde se mencionan los antecedentes, estado del arte, normas técnicas, guías, reglamentación y políticas en la materia; de acuerdo con su aplicabilidad, coherencia y concordancia, aciertos y deficiencias, así como otros aspectos que sean útiles para llevar a cabo los objetivos de la investigación.

El objetivo principal de esta investigación es elaborar un documento que sirva de guía para realizar los diseños de señalización vial en las carreteras de Colombia; para alcanzar este fin, se revisó sistemáticamente toda la normatividad existente en el país, se realizó el estado del arte referente a la señalización vial y barreras de contención lateral, teniendo en cuenta las experiencias, metodologías existentes que han sido exitosas, así como las tecnologías que para ello han sido utilizadas; considerando a su vez la jerarquía de las carreteras en zonas rurales y considerando todo los criterios técnicos de ingeniería pertinentes para elaborar estos diseños, resaltando siempre todos los criterios de seguridad vial que deben cumplir y para los cuales se elaboran. De esta manera se estableció una guía que contiene los criterios más relevantes para la utilización de las señales, se definieron unos ejemplos pilotos de señalización para algunas situaciones típicas, por último se recomendaron algunas señales con vialidad técnica de ser implementadas en el país.

El presente documento contempla los siguientes temas en sus diferentes capítulos: en el Capítulo 1, se establecen los antecedentes y estado del arte en Colombia en cuanto a la señalización vial; en el Capítulo 2, se presenta la revisión de varios manuales de señalización de otros países, tales como Canadá, España, México, Gran Bretaña, Chile, Estados Unidos y Centroamérica; en el Capítulo 3, se establecen los criterios más relevantes para la utilización de las señales, a la luz de la revisión de manuales realizada. En el Capítulo 4, se efectúa una revisión sobre los tipos de barreras de contención; en el Capítulo 5, se consolida la guía para la utilización específica de la señalización; en el Capítulo 6, se definen algunas generalidades sobre el concepto de señalización dinámica o variable; en el Capítulo 7, se establece la soluciones típicas para la señalización de diferentes tramos bajo condiciones específicas; en el Capítulo 8, se valida mediante ejemplos pilotos los arreglos de señalización para algunas condiciones geométricas típicas; en el Capítulo 9 se compilan los principales elementos conceptuales que deberán involucrarse al realizar el proyecto de señalización de una vía. Por último, en el Capítulo 10, se recomienda una serie de señales con viabilidad de ser implementadas en Colombia, y que actualmente no figuran en el Manual de Señalización Vial.

Para la elaboración de la presente guía se han tenido en cuenta las experiencias, las metodologías existentes y las tecnologías aplicadas destinadas a reducir el impacto que tiene la accidentalidad vial y que han sido probadas en Colombia y otros países; es por ello que se analizan aspectos de normatividad, desarrollos tecnológicos y metodologías que han sido exitosas y que pueden ser aplicables en el contexto colombiano, dadas las condiciones topográficas, de operación del tránsito, de diseño geométrico de las carreteras nacionales y su aplicabilidad dentro del marco de proyectos y políticas de desarrollo en materia de desarrollo vial de Colombia, entre otros.

Los antecedentes y el estado del arte en Colombia así como la evaluación técnica de las normas, manuales y demás documentos que rigen la señalización vial se describen en el capítulo 1; de la misma forma los antecedentes y el estado del arte de la señalización vial en países líderes en investigación se describen en el capítulo 3, tomando en cuenta los aspectos que son de aplicabilidad para el contexto colombiano. Es de mencionar sin embargo, que no hay evidencia objetiva sobre el impacto en la accidentalidad vial que las medidas de señalización adoptadas en otros países generan en sus respectivas ubicaciones, ya que la medición del impacto generado no se encuentra claramente cuantificada ni registrada en ninguna de la literatura que para el objeto del presente documento fue consultada.

El análisis de la normatividad y metodologías de señalización exitosas que se han empleado en otros países y que pueden ser aplicables al caso colombiano se observa en los capítulos 3, 5, 7, 8, 9 y 10, de acuerdo a la temática tratada en cada capítulo. Los desarrollos tecnológicos efectuados en estos países consultados y que pueden ser aplicables al caso colombiano se exponen en los capítulos 6 y 10 del documento respectivamente; la guía para la realización de estudios de ingeniería para proyectos de señalización vial se ve complementada con la guía para la instalación de barreras de contención en el capítulo 4 del documento.

Se presentan ejemplos piloto de señalización vial en el capítulo 8 del documento, y en el numeral 8.5 se realiza la prueba piloto en un tramo de vía seleccionado según lo acordado entre el Ministerio de Transportes y el consultor, con el fin de contrastar lo recomendado en el documento con las condiciones en terreno del proyecto vial escogido. Algunas temáticas de señalización vial que se han encontrado en los documentos internacionales consultados y que no se hallan en el Manual de Señalización Vial colombiano, y por ello podrían ser consideradas como un posible complemento del mismo, se exponen en el capítulo 10, donde se formulan recomendaciones que se pueden adaptar al país y podrían ayudar a mejorar las prácticas de señalización.

1 ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE EN COLOMBIA

En este capítulo se presenta la revisión de todos los documentos legales y vigentes en la República de Colombia, que tienen relación o influencia en los temas de señalización vial y por ello otorgan definiciones claves para definir una base conceptual que sea el punto de partida de la elaboración de un diseño de señalización vial en el país.

La revisión se centra en cinco documentos principales, que son: el Código Nacional de Tránsito, el Plan Nacional de Seguridad Vial, el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del 2008, el Manual de Señalización Vial y la Guía para Realizar Auditorías de Seguridad Vial dentro del marco del Plan 2500¹. Básicamente se realiza la evaluación de las condiciones actuales de estos documentos desde el punto de vista técnico, donde se mencionan los principales aspectos relacionados con la señalización vial de carreteras, incluyendo antecedentes, estado del arte, todas las normas técnicas actuales vigentes, guías, reglamentación y políticas en la materia.

1.1 CÓDIGO NACIONAL DE TRÁNSITO (CNT)²

El Código Nacional de Tránsito fue expedido mediante la Ley 769 de 2002, y determina como sus principios rectores:

“(…) la seguridad de los usuarios, calidad, oportunidad, cubrimiento, libertad de acceso, plena identificación, libre circulación, educación y descentralización”.³

El Título I del CNT, llamado de “*Disposiciones generales*” posee tres capítulos que hablan sobre principios, autoridades, y registros de información.

El Artículo 1 del Código expresa lo siguiente:

“Artículo 1°. Ámbito de aplicación y principios. Las normas del presente Código rigen en todo el territorio nacional y regulan la circulación de los peatones, usuarios, pasajeros, conductores, motociclistas, ciclistas, agentes de tránsito, y vehículos por las vías públicas o

¹ El Programa de Infraestructura Vial y Desarrollo Regional establecido por el Instituto Nacional de Vías de Colombia que pretendía pavimentar más de 2.500 Km de vías secundarias y terciarias del país fue llamado Plan 2500

² En adelante, se hará referencia a este documento por medio de sus iniciales, CNT.

³ CNT, Capítulo 1, Título 1.

privadas que están abiertas al público, o en las vías privadas, que internamente circulen vehículos; así como la actuación y procedimientos de las autoridades de tránsito.

En desarrollo de lo dispuesto por el Artículo 24 de la Constitución Política, todo colombiano tiene derecho a circular libremente por el territorio nacional, pero está sujeto a la intervención y reglamentación de las autoridades para garantía de la seguridad y comodidad de los habitantes, especialmente de los peatones y de los discapacitados físicos y mentales, para la preservación de un ambiente sano y la protección del uso común del espacio público.

Le corresponde al Ministerio de Transporte como autoridad suprema de tránsito definir, orientar, vigilar e inspeccionar la ejecución de la política nacional en materia de tránsito.

Las autoridades de tránsito promoverán la difusión y el conocimiento de las disposiciones contenidas en este código.

Los principios rectores de este código son: seguridad de los usuarios, calidad, oportunidad, cubrimiento, libertad de acceso, plena identificación, libre circulación, educación y descentralización.”

Dentro de la función de la señalización vial se encuentra regular la circulación de todo usuario en la vía y transmitir de forma sencilla y directa indicaciones sobre las normas que se establecen en este código.

El primer principio rector es la seguridad de los usuarios, concepto que debe primar sobre cualquier otro en el momento de hablar sobre diseños de señalización vial. La seguridad prima sobre principios como la plena identificación y la libre circulación, siendo estos dos de igual manera pertinentes a todo diseño de señalización vial.

A continuación se citan las definiciones del Artículo 2 del CNT que son de relevancia para el objeto del presente documento:

“Acera o andén: Franja longitudinal de la vía urbana, destinada exclusivamente a la circulación de peatones, ubicada a los costados de ésta

Accidente de tránsito: Evento generalmente involuntario, generado al menos por un vehículo en movimiento, que causa daños a personas y bienes involucrados en él e igualmente afecta la normal circulación de los vehículos que se movilizan por la vía o vías comprendidas en el lugar o dentro de la zona de influencia del hecho.

Adelantamiento: Maniobra mediante la cual un vehículo se pone delante de otro vehículo que lo antecede en el mismo carril de una calzada.

Autopista: Vía de calzadas separadas, cada una con dos (2) o más carriles, control total de acceso y salida, con intersecciones en desnivel o mediante entradas y salidas directas a otras carreteras y con control de velocidades mínimas y máximas por carril.

Bahía de estacionamiento: Parte complementaria de la estructura de la vía utilizada como zona de transición entre la calzada y el andén, destinada al estacionamiento de vehículos.

Berma: Parte de la estructura de la vía, destinada al soporte lateral de la calzada para el tránsito de peatones, semovientes y ocasionalmente al estacionamiento de vehículos y tránsito de vehículos de emergencia.

Bocacalle: Embocadura de una calle en una intersección.

Calzada: Zona de la vía destinada a la circulación de vehículos.

Carreteable: Vía sin pavimentar destinada a la circulación de vehículos.

Carretera: vía cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos, con niveles adecuados de seguridad y comodidad.

Carril: Parte de la calzada destinada al tránsito de una sola fila de vehículos.

Ciclista: Conductor de bicicleta o triciclo.

Ciclo vía: Vía o sección de calzada destinada ocasionalmente para el tránsito de bicicletas, triciclos y peatones.

Ciclo ruta: Vía o sección de la calzada destinada al tránsito de bicicletas en forma exclusiva.

Conductor: Es la persona habilitada y capacitada técnica y teóricamente para operar un vehículo.

Cuneta: Zanja o conducto construido al borde de una vía para recoger y evacuar las aguas superficiales.

Espaciamiento: Distancia entre dos (2) vehículos consecutivos que se mide del extremo trasero de un vehículo al delantero del otro.

Estacionamiento: Sitio de parqueo autorizado por la autoridad de tránsito.

Glorieta: Intersección donde no hay cruces directos sino maniobras de entrecruzamientos y movimientos alrededor de una isleta o plazoleta central.

Marcas viales: Señales escritas adheridas o grabadas en la vía o con elementos adyacentes a ella, para indicar, advertir o guiar el tránsito.

Paso a nivel: Intersección a un mismo nivel de una calle o carretera con una vía férrea.

Paso peatonal a desnivel: Puente o túnel diseñado especialmente para que los peatones atraviesen una vía.

Paso peatonal a nivel: Zona de la calzada delimitada por dispositivos y marcas especiales con destino al cruce de peatones.

Parada momentánea: Detención de un vehículo, sin apagar el motor, para recoger o dejar personas o cosas, sin interrumpir el normal funcionamiento del tránsito.

Peatón: Persona que transita a pie o por una vía.

Prelación: Prioridad o preferencia que tiene una vía o vehículo con respecto a otras vías u otros vehículos.

Rebasamiento: Maniobra mediante la cual un vehículo sobrepasa a otro que lo antecedió en el mismo carril de una calzada.

Sardinell: Elemento de concreto, asfalto u otros materiales para delimitar la calzada de una vía.

Semáforo: Dispositivo electromagnético o electrónico para regular el tránsito de vehículos, peatones mediante el uso de señales luminosas.

Señal de tránsito: Dispositivo físico o marca especial. Preventiva y reglamentaria e informativa, que indica la forma correcta como deben transitar los usuarios de las vías.

Señales luminosas de peligro: Señales visibles en la noche que emiten su propia luz, en colores visibles como el rojo, amarillo o blanco.

Separador: Espacio estrecho y saliente que independiza dos calzadas de una vía.

Tráfico: Volumen de vehículos, peatones, o productos que pasan por un punto específico durante un periodo determinado.

Vía: Zona de uso público o privado, abierta al público, destinada al tránsito de vehículos, personas y animales.

Vía arteria: Vía de un sistema vial urbano con prelación de circulación de tránsito sobre las demás vías, con excepción de la vía férrea y la autopista.

Vía peatonal: Zonas destinadas para el tránsito exclusivo de peatones.

Vía principal: Vía de un sistema con prelación de tránsito sobre las vías ordinarias.

Vía ordinaria: La que tiene tránsito subordinado a las vías principales.

Zona escolar: Parte de la vía situada frente a un establecimiento de enseñanza y que se extiende cincuenta (50) metros al frente y a los lados del límite del establecimiento.

Zona de estacionamiento restringido: Parte de la vía delimitada por autoridad competente en zonas adyacentes a instalaciones militares o de policía, teatros, bancos, hospitales, entidades oficiales y de socorro, iglesias, establecimientos industriales y comerciales, en la cual solo pueden estacionar los vehículos autorizados.”

En el Artículo 3°, el CNT define las siguientes autoridades de tránsito en su orden:

- “El Ministerio de Transporte
- Los Gobernadores y los Alcaldes.
- Los organismos de tránsito de carácter departamental, municipal o distrital.

- *La Policía Nacional en sus cuerpos especializados de policía de tránsito urbano y policía de carreteras.*
- *Los Inspectores de Policía, los Inspectores de Tránsito, Corregidores o quien haga sus veces en cada ente territorial.*
- *La Superintendencia General de Puertos y Transporte.*
- *Las fuerzas militares para cumplir exclusivamente lo dispuesto en el parágrafo 5° de este artículo.*
- *Los agentes de Tránsito y Transporte”*

De lo cual se puede concluir que es el Ministerio de Transporte el primer organismo encargado de propender por unos diseños de señalización de calidad y que sigan unos estándares y cumplan con unos requerimientos mínimos que garanticen su adecuado funcionamiento; en donde además la seguridad vial sea prioritaria.

El Título III del Capítulo I del CNT, “*Normas de Comportamiento*” dicta normas sobre reglas generales y educación en el tránsito (capítulo I), para peatones (capítulo II), para conducción de vehículos (capítulo III), para el transporte público (capítulo IV), para ciclistas y motociclistas (capítulo V), y para el tránsito de otros vehículos y animales (capítulo VI).

En el Artículo 55, del título anteriormente mencionado, el código expresa sobre el comportamiento de los usuarios: lo siguiente

“Toda persona que tome parte en el tránsito como conductor, pasajero o peatón, debe comportarse en forma que no obstaculice, perjudique o ponga en riesgo a las demás y debe conocer y cumplir las normas y señales de tránsito que le sean aplicables, así como obedecer las indicaciones que les den las autoridades de tránsito.”

Se enfatiza en este artículo, cómo todo usuario de la vía debe conocer las normas de tránsito, sin importar si es un conductor de un vehículo o no, pues se entiende que no solo los conductores de vehículos pueden ser los únicos usuarios de una vía. Las normas de tránsito para peatones que estipula el CNT también son aplicables en todo momento y lugar dentro del territorio nacional; de esta forma, la señalización vial debe dar a entender cuál es la norma que hay que seguir en una determinada circunstancia, cumpliendo una labor informativa y de educación hacia el usuario, de forma paralela y simultánea a la imposición de las normas que deben ser de estricto cumplimiento.

Los Artículos 57 y 58 del Código respecto a la circulación peatonal establecen:

“El tránsito de peatones por las vías públicas se hará por fuera de las zonas destinadas al tránsito de vehículos. Cuando un peatón requiera cruzar una vía vehicular, lo hará respetando las señales de tránsito y cerciorándose de que no existe peligro para hacerlo.”

“Los peatones no podrán:

- Invasión de la zona destinada al tránsito de vehículos, ni transitar en ésta en patines, monopines, patinetas o similares.*
- Llevar, sin las debidas precauciones, elementos que puedan obstaculizar o afectar el tránsito.*
- Cruzar por sitios no permitidos o transitar sobre los guardavías del ferrocarril.*
- Colocarse delante o detrás de un vehículo que tenga el motor encendido.*
- Remolcarse de vehículos en movimiento.*
- Actuar de manera que ponga en peligro su integridad física.*
- Cruzar la vía atravesando el tráfico vehicular en lugares en donde existen pasos peatonales.*
- Ocupar la zona de seguridad y protección de la vía férrea, la cual se establece a una distancia no menor de doce (12) metros a lado y lado del eje de la vía férrea.*
- Subirse o bajarse de los vehículos, estando éstos en movimiento, cualquiera que sea la operación o maniobra que estén realizando.*
- Transitar por los túneles, puentes y viaductos de las vías férreas.”*

Las anteriores disposiciones establecen reglamentaciones para la circulación de peatones, para las cuales la señalización de tránsito será la indicada, de acuerdo con los dispositivos que reglamenta el manual de señalización vial.

Adicionalmente a esto, en el Artículo 63, sobre el respeto a los derechos de los peatones establece el CNT:

“Los conductores de vehículos deberán respetar los derechos e integridad de los peatones.”

En el Capítulo III, sobre conducción de vehículos establece el Artículo 60 lo siguiente:

“Los vehículos deben transitar, obligatoriamente, por sus respectivos carriles, dentro de las líneas de demarcación, y atravesarlos solamente para efectuar maniobras de adelantamiento o de cruce.”

Parágrafo 1°. Los conductores no podrán transitar con vehículo automotor o de tracción animal por la zona de seguridad y protección de la vía férrea.

Parágrafo 2°. Todo conductor, antes de efectuar un adelantamiento o cruce de una calzada a otra o de un carril a otro, debe anunciar su intención por medio de las luces direccionales y señales ópticas o audibles y efectuar la maniobra de forma que no entorpezca el tránsito, ni ponga en peligro a los demás vehículos o peatones.”

Lo anterior citado como parte de las restricciones que existen para la circulación de vehículos, y que las señales reglamentarias respectivas tienen que dejar totalmente en claro, con lugar a una única e inequívoca interpretación.

El Artículo 66, sobre los giros en cruce de intersección dice lo siguiente:

“El conductor que transite por una vía sin prelación deberá detener completamente su vehículo al llegar a un cruce y donde no haya semáforo tomará las precauciones debidas e iniciará la marcha cuando le corresponda.

En ningún caso el conductor podrá detener su vehículo sobre la vía férrea, un paso peatonal o una intersección o un carril exclusivo, paralelo preferencial de alimentadores o compartidos con los peatonales, pertenecientes al STTMP. Todo conductor deberá permanecer a una distancia mínima de cinco (5) metros de la vía férrea.”

El CNT establece en su Artículo 68, sobre la utilización de los carriles lo siguiente:

“Los vehículos transitarán de la siguiente forma:

Vía de sentido único de tránsito.

- *En aquellas vías con velocidad reglamentada para sus carriles, los vehículos utilizarán el carril de acuerdo con su velocidad de marcha.*
- *En aquellas vías donde los carriles no tengan reglamentada su velocidad, los vehículos transitarán por el carril derecho y los demás carriles se emplearán para maniobras de adelantamiento.*

Vías de doble sentido de tránsito.

- *De dos (2) carriles: Por el carril de su derecha y utilizar con precaución el carril de su izquierda para maniobras de adelantamiento y respetar siempre la señalización respectiva.*
- *De tres (3) carriles: Los vehículos deberán transitar por los carriles extremos que queden a su derecha; el carril central sólo se utilizará en el sentido que señale la autoridad competente.*
- *De cuatro (4) carriles: Los carriles exteriores se utilizarán para el tránsito ordinario de vehículos, y los interiores, para maniobras de adelantamiento o para circular a mayores velocidades dentro de los límites establecidos.*

Parágrafo 1°. Sin perjuicio de las normas que sobre el particular se establecen en este código, las bicicletas, motocicletas, motociclos, moto triciclos y vehículos de tracción animal e impulsión humana, transitarán de acuerdo con las reglas que en cada caso dicte la autoridad de tránsito competente. En todo caso, estará prohibido transitar por los andenes o aceras, o puentes de uso exclusivo para los peatones.

Parágrafo 2°. Se prohíbe el tránsito de motocicletas y motociclos por las ciclo rutas o ciclo vías. En caso de infracción se procederá a la inmovilización.”

Sobre la prelación en intersecciones o giros en su Artículo 70, el código prescribe los siguientes casos:

- *“(…) Cuando dos (2) o más vehículos transiten en sentido contrario por una vía de doble sentido de tránsito e intenten girar al mismo lado, tiene prelación el que va a girar a la derecha; en las pendientes, tiene prelación el vehículo que sube.*
- *En intersecciones no señalizadas, salvo en glorietas, tiene prelación el vehículo que se encuentre a la derecha.*
- *Si dos (2) o más vehículos que transitan en sentido opuesto llegan a una intersección y uno de ellos va a girar a la izquierda, tiene prelación el vehículo que va a seguir derecho.*
- *Cuando un vehículo se encuentre dentro de una glorieta, tiene prelación sobre los que van a entrar a ella, siempre y cuando esté en movimiento.*
- *Cuando dos vehículos que transitan por vías diferentes llegan a una intersección y uno de ellos va a girar a la derecha, tiene prelación el vehículo que se encuentra a la derecha.*
- *Cuando un vehículo desee girar a la izquierda o a la derecha, debe buscar con anterioridad el carril más cercano a su giro e ingresar a la otra vía por el carril más próximo según el sentido de circulación.”*

El Código en su Artículo 73, prescribe las siguientes prohibiciones para adelantar a otro vehículo:

- *“(…) En intersecciones*
- *En los tramos de la vía en donde exista línea separadora central continua o prohibición de adelantamiento.*
- *En curvas o pendientes.*
- *Cuando la visibilidad sea desfavorable.*
- *En las proximidades de pasos de peatones.*
- *En las intersecciones de las vías férreas.*

- *Por la berma o por la derecha de un vehículo.*
- *En general, cuando la maniobra ofrezca peligro.”*

El Artículo 74 reglamenta la velocidad máxima en la vía a 30 km/h en los siguientes casos:

- *“(…) En lugares de concentración de personas y en zonas residenciales.*
- *En las zonas escolares.*
- *Cuando se reduzcan las condiciones de visibilidad.*
- *Cuando las señales de tránsito así lo ordenen.*
- *En proximidad a una intersección.”*

El Artículo 76 prohíbe los siguientes lugares para estacionar:

- *“(…) Sobre andenes, zonas verdes o sobre espacio público destinado para peatones, recreación o conservación.*
- *En vías arterias, autopistas, zonas de seguridad, o dentro de un cruce.*
- *En vías principales y colectoras en las cuales expresamente se indique la prohibición o la restricción en relación con horarios o tipos de vehículos.*
- *En puentes, viaductos, túneles, pasos bajos, estructuras elevadas o en cualquiera de los accesos a éstos.*
- *En zonas expresamente destinadas para estacionamiento o parada de cierto tipo de vehículos, incluyendo las paradas de vehículos de servicio público, o para limitados físicos.*
- *En carriles dedicados a transporte masivo sin autorización.*
- *A una distancia mayor de treinta (30) centímetros de la acera.*
- *En doble fila de vehículos estacionados, o frente a hidrantes y entradas de garajes.*
- *En curvas.*
- *Donde interfiera con la salida de vehículos estacionados.*
- *Donde las autoridades de tránsito lo prohíban.*
- *En zona de seguridad y de protección de la vía férrea, en la vía principal, vías secundarias, apartaderos, estaciones y anexidades férreas.”*

El Artículo 78 dice sobre las zonas de estacionamiento especiales:

“Los conductores que estacionen sus vehículos en los lugares de comercio u obras de construcción de los perímetros urbanos con el objeto de cargar o descargar, deberán hacerlo en zonas y horarios determinados para tal fin.

Las entidades públicas o privadas y los propietarios de los locales comerciales no podrán hacer uso del espacio público frente a sus establecimientos para el estacionamiento exclusivo de sus vehículos o el de sus clientes.

Las autoridades de tránsito definirán las horas y zonas para el cargue o descargue de mercancías.”

El Artículo 86 expresa al respecto de las luces exteriores de los vehículos que circulan en carretera lo siguiente:

“(..) Fuera del perímetro urbano, podrá usarse la luz plena o alta, excepto cuando se aproxime un vehículo en sentido contrario o cuando la autoridad lo indique mediante la señal de tránsito correspondiente, o cuando la luz plena alcance un vehículo que transite adelante y pueda perturbar su conducción.”

El Artículo 91 sobre paraderos, dice lo siguiente:

“Todo conductor de servicio público o particular debe recoger o dejar pasajeros en los sitios permitidos y al costado derecho de la vía, salvo en paraderos especiales de vías troncales que sean diseñadas y operadas con destinación exclusiva al transporte público masivo.”

En el Capítulo X, sobre la clasificación de las vías el Artículo 105 del CNT las clasifica de la siguiente manera para efectos de determinar su prelación (ver Tabla 1):

Tabla 1. Clasificación de las vías de acuerdo al Código Nacional de Tránsito

Dentro del perímetro urbano	En las zonas rurales
Vía de metro o metro vía	Férreas
Vía troncal	Autopistas
Férreas	Carreteras Principales
Autopistas	Carreteras Secundarias
Arterias	Carreteables
Principales	Privadas
Secundarias	Peatonales
Colectoras	
Ordinarias	
Locales	
Privadas	
Ciclo rutas	
Peatonales	

Fuente: Elaboración Propia, con base en información del CNT.

“La presencia de peatones en las vías y zonas para ellos diseñadas, les otorgarán prelación, excepto sobre vías férreas, autopistas y vías arterias.

La autoridad de tránsito competente, por medio de resolución motivada señalará las categorías correspondientes a las vías urbanas, cualquiera que sea su denominación. En cualquier caso, las autoridades de tránsito podrán incorporar nuevas categorías y homologar su prioridad con cualquiera de las existentes.

La prelación entre las vías en zonas rurales será determinada por la autoridad de tránsito competente.

Parágrafo 1°. Las autoridades de tránsito deberán consultar con las comunidades el uso de las vías cuando no se trate de vías arterias o autopistas, principales y secundarias, para la definición de las rutas de transporte público. Si las juntas administradoras votan negativamente un tramo de una ruta, ésta no se podrá autorizar.

Parágrafo 2°. En todo caso, las vías principales y secundarias que se autoricen para rutas de transporte público requieren concepto técnico de la autoridad competente de que son aptas para resistir el tránsito de rutas de transporte público.

Parágrafo 3°. Se prohíbe el tránsito de vehículos de alto tonelaje por las vías de sitios que estén declarados o se declaren como monumentos de conservación histórica.”

En el capítulo XI, sobre límites de velocidad, reglamentan los artículos 106 y 107 del código lo siguiente:⁴

“Límites de velocidad en vías urbanas y carreteras municipales: En las vías urbanas las velocidades máximas y mínimas para vehículos de servicio público o particular será determinada y debidamente señalizada por la autoridad de Tránsito competente en el Distrito o Municipio respectivo. En ningún caso podrá sobrepasar los 80 kilómetros por hora.

El límite de velocidad para los vehículos de servicio público, de carga y de transporte escolar, será de sesenta (60) kilómetros por hora. La velocidad en zonas escolares y en zonas residenciales será hasta de treinta (30) kilómetros por hora.”

Límites de velocidad en carreteras nacionales y departamentales: En las carreteras nacionales y departamentales las velocidades autorizadas para vehículos públicos o privados, serán determinadas por el Ministerio de Transporte o la Gobernación, según sea el caso, teniendo en cuenta las especificaciones de la vía. En ningún caso podrá sobrepasar los 120 kilómetros por hora.

Para el servicio público, de carga y de transporte escolar el límite de velocidad en ningún caso podrá exceder los ochenta (80) kilómetros por hora.

Será obligación de las autoridades mencionadas, la debida señalización de estas restricciones.

Parágrafo. La entidad encargada de fijar la velocidad máxima y mínima, en las zonas urbanas de que trata el artículo 106 y en las carreteras nacionales y departamentales de que trata este artículo, debe establecer los límites de velocidad de forma sectorizada, razonable, apropiada y coherente con el tráfico vehicular, las condiciones del medio ambiente, la infraestructura vial, el estado de las vías, visibilidad, las especificaciones de la vía, su velocidad de diseño, las características de operación de la vía.”

Sobre la separación entre vehículos, establece el artículo 108 del CNT lo siguiente:

“La separación entre dos (2) vehículos que circulen uno tras de otro en el mismo carril de una calzada, será de acuerdo con la velocidad.

- *Para velocidades de hasta treinta (30) kilómetros por hora, diez (10) metros.*
- *Para velocidades entre treinta (30) y sesenta (60) kilómetros por hora, veinte (20) metros.*
- *Para velocidades entre sesenta (60) y ochenta (80) kilómetros por hora, veinticinco (25) metros.*
- *Para velocidades de ochenta (80) kilómetros en adelante, treinta (30) metros o la que la autoridad competente indique.*

⁴ La Ley 1239 del 2008 realiza la última modificación a los artículos 106 y 107 del CNT.

En todos los casos, el conductor deberá atender al estado del suelo, humedad, visibilidad, peso del vehículo y otras condiciones que puedan alterar la capacidad de frenado de éste, manteniendo una distancia prudente con el vehículo que antecede.”

El Capítulo XII del CNT está dedicado a las señales de tránsito y dentro del mismo el artículo 109 resalta sobre la obligatoriedad:

“Todos los usuarios de la vía están obligados a obedecer las señales de tránsito de acuerdo con lo previsto en el artículo 5°, de este código”.

Sobre la clasificación y definición de las señales de tránsito establece el CNT en el Artículo 110:

“Señales reglamentarias: Tienen por objeto indicar a los usuarios de las vías las limitaciones, prohibiciones o restricciones sobre su uso y cuya violación constituye falta que se sancionará conforme a las normas del presente código.

Señales preventivas: Tienen por objeto advertir al usuario de la vía la existencia de un peligro y la naturaleza de éste.

Señales informativas: Tienen por objeto identificar las vías y guiar al usuario, proporcionándole la información que pueda necesitar.

Señales transitorias: Pueden ser reglamentarias, preventivas o informativas y serán de color naranja. Modifican transitoriamente el régimen normal de utilización de la vía.

Parágrafo 1°. Las marcas sobre el pavimento constituyen señales de tránsito horizontales. Y sus indicaciones deberán acatarse.

Parágrafo 2°. Es responsabilidad de las autoridades de tránsito la colocación de las señales de tránsito en los perímetros urbanos inclusive en las vías privadas abiertas al público. Las autoridades locales no podrán ejecutar obras sobre las vías públicas sin permiso especial de las autoridades de tránsito que tendrán la responsabilidad de regular los flujos de tránsito para que no se presenten congestiones.

Para la ejecución de toda obra pública que genere congestiones, la autoridad de tránsito local deberá disponer de reguladores de tráfico. Su costo podrá calcularse dentro del valor de la obra y la vigencia de la vinculación podrá hacerse durante el plazo del contrato de obra respectivo.”

En el Artículo 111 se otorga el siguiente orden de prelación a las señales de tránsito:

- *“Señales y órdenes emitidas por los agentes de tránsito.*
- *Señales transitorias.*
- *Semáforos.*
- *Señales verticales.*

- *Señales horizontales o demarcadas sobre la vía.”*

El artículo 112 sobre la obligación de señalizar las zonas de prohibición dice:

“Toda zona de prohibición deberá estar expresamente señalizada y demarcada en su sitio previa decisión del funcionario de tránsito competente. Se exceptúan de ser señalizadas o demarcadas todas aquellas zonas cuyas normas de prohibición o autorización están expresamente descritas en este código.”

Todas las consideraciones y reglamentaciones que establece el CNT marcan pautas claves para los diseños de la señalización vial, que muchas veces son ignoradas, simplemente no tenidas en cuenta o transgredidas. Como se verá en el desarrollo del documento, otras consideraciones que el CNT establece merecerán ser reevaluadas o replanteadas, con el fin último de mejorar el desempeño de la seguridad vial.

1.2 PLAN NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL (PNSV)⁵

En este numeral, se hace una recopilación de los principales aspectos que sustentan la elaboración de un Manual Guía para realizar los Diseños de Señalización Vial en Colombia.

El PNSV es un documento publicado por el Ministerio de Transporte en el año 2004; dentro de uno de sus múltiples fines, y que se considerará el principal para el objeto del presente documento, está el siguiente:

*“(...) orientar y articular todas las acciones, programas, planes y proyectos indispensables para garantizar a todos los ciudadanos **el tránsito seguro** por las vías del territorio nacional(..).”*

Lo anterior, basado en algunos de los siguientes hechos citados por el plan en su capítulo introductorio:

“(...) El accidente de tránsito se ha constituido en la segunda causa de morbi-mortalidad en Colombia durante los últimos diez años (...)

(...) En los últimos años, los accidentes de tránsito en promedio aportan 1,5 veces más muertes que el conflicto armado. (...)

(...) En Colombia los usuarios más afectados son los peatones aportando el 40% de las muertes en accidentes de tránsito en el ámbito nacional y 60% en las principales ciudades del país. (...)

⁵ En adelante, se hará referencia a este documento por medio de sus iniciales, PNSV.

(...) Los vehículos que más se accidentan en Colombia son los de transporte público. (...)

(...) El costo de la accidentalidad se mantiene entre el 1.25 y el 1.5% del PIB del país. (...)

Referente al Código Nacional de Tránsito y a sus principios rectores, el PNSV expresa dentro de su numeral 2.4 “Marco legal” lo siguiente:

*“Dentro de estos principios la norma posibilita jurídicamente el desarrollo de acciones tendientes a la prevención de la accidentalidad vial, entre las que se destacan los siguientes aspectos: control y vigilancia, educación para conductores y peatones, formación y especialización en seguridad vial para cuerpo de policía especializado, condiciones para la expedición, renovación o re categorización de licencias de conducción, clasificación y **prelación de vías, demarcación y señalización vial**, registros de tránsito, condiciones técnico mecánicas y de seguridad de los vehículos, normas para la circulación de peatones y vehículos automotores, motocicletas, bicicletas y de tracción animal.”*

En el capítulo 2, “Fundamentos conceptuales generales y estructura del plan” se cita lo siguiente:

“(...) Analizando los principales factores que contribuyen a la accidentalidad en el país y teniendo en cuenta el contexto anterior se tienen tres escenarios geográficos de intervención para minimizar los índices de accidentalidad, los cuales tienen unas características y mecanismos de accidentalidad particulares que obedecen a los procesos y patrones de movilidad específicos que se desarrollan en ellos: el primer escenario corresponde a grandes áreas urbanas en las que los usuarios más vulnerables son los peatones aportando cerca del 60% de las víctimas en accidentes de tránsito, el segundo escenario corresponde a áreas urbanas de tamaño intermedio en las que los usuarios más vulnerables son motociclistas y peatones y finalmente el tercer espacio geográfico corresponde a áreas rurales o zonas suburbanas que comprenden principalmente la red vial intermunicipal en las que las principales víctimas son pasajeros y peatones.”

El Plan Nacional de Seguridad Vial (PNSV), tiene como objetivos prioritarios el establecer una política clara para el fortalecimiento de la seguridad vial en el país y promover los mecanismos que conduzcan a garantizar la movilidad segura de los ciudadanos en el territorio nacional.”

Pese a que el CNT en sus artículos establece que los peatones tienen prelación si hacen presencia en las vías y las zonas para ellos diseñadas (Artículo 105) y que los conductores de vehículos deberán respetar los derechos e integridad de los peatones (Artículo 63), llama la atención el hecho que los peatones siguen siendo los usuarios más vulnerables en todos los escenarios que el PNSV considera. Bajo este enfoque, se debe entender la señalización vial como uno de los mecanismos, más no el único, que permite y garantiza la seguridad en la circulación. Con una adecuada señalización vial, plenamente funcional la seguridad vial en el país se verá mejorada y fortalecida, de acuerdo con los objetivos que expresa el PNSV. Además, la señalización vial tiene que estar orientada a garantizar la seguridad de todos los usuarios, especialmente de los más vulnerables.

Dentro de los principios básicos para estructurar las políticas sobre seguridad vial (numeral 2.1 del documento), se encuentran los siguientes:

- *“El Estado es el directo responsable del establecimiento de las políticas sobre seguridad vial y debe contemplar la coordinación desde el nivel nacional hasta el local.*
- *Las acciones deben estar dirigidas, orientadas, ejecutadas y controladas involucrando la participación de la comunidad y los diferentes sectores sociales y gubernamentales.*
- *La accidentalidad es inherente a la movilidad – no podrá eliminarse, solo podrá reducir y controlar su riesgo y minimizar sus consecuencias.*
- *Las políticas deben estar basadas en el análisis de datos recolectados y tratados científicamente, en el nivel general y analizando los problemas geográficamente específicos que implican análisis y soluciones particulares. Para medir la eficacia de las soluciones o intervenciones se necesita de un sistema de evaluación, control y seguimiento integral que permita su racionalización y priorización efectiva.”*

Los programas, proyectos y acciones que se propongan según el Plan Nacional de Seguridad Vial deben seguir una serie de lineamientos (numeral 2.3), a continuación los más relevantes:

- *“Debe obedecer una política y prioridad de Seguridad Vial que garantice la apropiación de recursos para su sostenibilidad.*
- *Deben estar sustentados y adecuados técnicamente, se deben realizar mediciones y monitoreo de las principales variables que influyen en la tipología de la accidentalidad objetivo, antes, durante y después de la intervención.*
- *Se deben plantear o programar en forma permanente.*
- *Deben tener metas y estrategias perfectamente definidas.*
- *Sus objetivos deben ser claros, específicos y muy concretos en el corto, mediano y largo plazo.*
- *Deben tener unas estrategias específicamente diseñadas para diferentes contextos espacio-temporales y grupos sociales objetivo.*
- *La entidad a cargo del programa se encargará a su vez de:*
 - a) *Establecer claramente las acciones y mecanismos que se van a utilizar para realizar operativamente el programa.*
 - b) *Contemplar y coordinar las acciones y responsabilidades de las diferentes entidades involucradas en el programa.*

- c) *Debe establecer e implementar un sistema de indicadores de gestión para el programa, el cual debe contemplar los tres niveles de gestión (Táctico, técnico y operativo), adicionales a los objetivos generales del programa, este sistema de indicadores permitirá monitorear y controlar continuamente el programa, su efectividad y dará las pautas para las modificaciones y ajustes a que haya lugar.*
- d) *Se deben analizar y proyectar los costos asociados a la inversión de la intervención con el fin de determinar las relaciones costo/beneficio y costo efectividad de las medidas, estos son dos de los principales indicadores de gestión de las medidas.”*

El PNSV fija la señalización vial (numeral 2.8) como una de las áreas temáticas de trabajo de la Comisión Nacional de Seguridad Vial y de los Comités Interinstitucionales Técnicos y Operativos de Seguridad Vial, en forma coordinada.

Dentro del alcance del plan, se contempla lo siguiente:

“Lograr la reducción del número de accidentes, muertos y lesionados en las vías del territorio Colombiano, mediante la definición de una política nacional de seguridad vial orientada al mejoramiento permanente de la calidad de vida y la seguridad de los ciudadanos durante los procesos de movilidad.

El Plan abarca la estructuración de programas y estrategias orientadas a la administración, gestión y la promoción de la seguridad vial y la definición de proyectos o pilotos de intervención tendientes a minimizar los impactos de la accidentalidad, priorizando problemáticas críticas que afectan principalmente a usuarios altamente vulnerables (por ejemplo, peatones, transporte escolar, etc.)”.

1.2.1 Programas del PNSV

El PNSV se encuentra estructurado con 3 grupos de programas principales (ver Figura 1). Los programas son los siguientes:

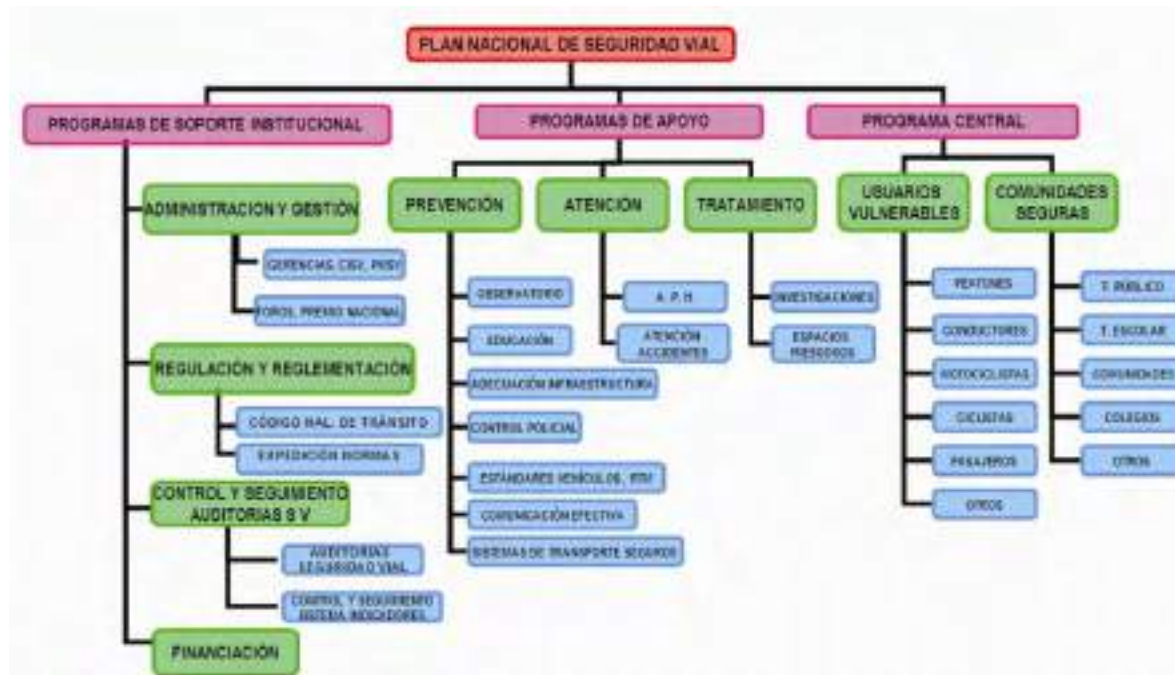
Programas de Soporte Institucional: que constituyen la base fundamental para la administración, gestión, financiamiento, reglamentación, regulación y control de la seguridad vial y del PNSV.

Programas de apoyo: Dentro de estos programas se hallan los programas de prevención, atención y tratamiento. En el programa de prevención se quiere incidir principalmente en la construcción de una cultura de seguridad orientada al auto cuidado y a la minimización de riesgos mediante la promoción y estructuración de cambios en el comportamiento riesgoso en la movilidad.

Programa central: Está orientado a fortalecer la seguridad de los usuarios vulnerables y a generar una cultura en seguridad vial que conduzca a la

construcción de comunidades seguras. El programa central está a su vez compuesto de dos clases de programas, los programas orientados a usuarios vulnerables que “buscan incidir en la formación de comportamientos seguros, proporcionar los medios adecuados para los procesos de movilidad cuando el usuario actúa en forma individual” y los programas orientados a la construcción de comunidades seguras, cuyos objetivos principales son “la prevención y reducción de las lesiones en accidentes de tránsito y buscan la promoción de comportamientos seguros de grupos específicos de usuarios”.

Figura 1 Programas del PNSV



Fuente: Plan Nacional de Seguridad Vial.

A continuación se explican con más detalle los programas más relevantes que se encuentran contenidos en los 3 programas estructurantes del Plan Nacional de Seguridad Vial, y cuyos planteamientos o contenidos resultan de utilidad para el objeto del presente documento.

Dentro de la categoría de los Programas de Soporte Institucional, uno de los programas fundamentales del PNSV es el de regulación y reglamentación⁶ de la normatividad en tránsito y transporte relacionada con seguridad vial. El programa de regulación y reglamentación cuenta a su vez con dos subprogramas: el

⁶ Ver numeral 4.1.2 del PNSV

programa de Reglamentación del Código Nacional de Tránsito y el programa de Expedición de reglamentación específica y relacionada con la Seguridad Vial.

Dentro de los objetivos de este programa referentes a la señalización vial se citan:

- Unificar toda la reglamentación vigente en materia de tránsito y transporte.
- Expedir reglamentación complementaria en materia de seguridad vial, tránsito y transporte acorde a las necesidades y problemáticas que se presenten.

A su vez, dentro de las acciones prioritarias a tomar bajo el marco de este programa se encuentran:

- Generar normas que disuadan los comportamientos agresivos y peligrosos, que afecten la seguridad vial.
- Prever los mecanismos de aplicación de estas leyes.
- Proporcionar los medios para aplicar sanciones eficaces al incumplimiento de las normas.
- Crear los medios de difusión y conocimiento al público de la normatividad en materia de tránsito y transporte, y las sanciones a aplicar.
- Generar mecanismos de disuasión de la violación de las normas de tránsito y transporte.

Uno de los programas relevantes dentro de los programas de soporte institucional son las Auditorías de Seguridad Vial (ASV).⁷ Las ASV surgen como herramienta de prevención y control a partir de la etapa de planeación de la infraestructura, con el propósito de brindar las alertas sobre factores de riesgo que puedan potenciar la accidentalidad. Además, las ASV permiten evaluar los riesgos potenciales de accidentes para determinar acciones que permitan reducir su nivel de ocurrencia y la minimización de los efectos producidos en este tipo de siniestro. Los beneficios de las ASV se extienden desde la economía por efecto de la reducción de accidentalidad hasta las mejoras en políticas y diseños. Algunos de ellos son:

⁷ El PNSV hace mención a ellas en su numeral 4.1.3.1

- Carreteras y redes viales más seguras a través de la prevención de accidentalidad y reducción de su severidad.
- Mejoramiento de la comprensión y documentación existente sobre la Ingeniería de Seguridad Vial.
- Reducción de los costos de mantenimiento durante la vida útil.
- Mejoras a las normas y procedimientos de seguridad para el futuro, al considerar la seguridad de todos los usuarios de la vía
- Asegurar que desaparezcan los elementos evitables productores de colisión.
- Asegurar que el proyecto no impacte la seguridad de las vías adyacentes.

Mediante una ASV se puede determinar las falencias de señalización de una vía y proponer medidas correctivas adecuadas que redunden en un mejoramiento de la seguridad en la vía.

Dentro de los programas de apoyo, se encuentran los programas de prevención y de tratamiento. A continuación se hace una breve descripción de los subprogramas relevantes que lo conforman y que se mencionan en la Tabla 2.

Tabla 2. Programas y subprogramas de apoyo del PNSV relevantes para los diseños de señalización vial

PROGRAMAS DE APOYO	Prevención	a) Observatorio de movilidad y seguridad vial b) Planeación en seguridad vial, adecuación y mejoramiento de la infraestructura c) Educación para la autorregulación y corresponsabilidad ciudadana en el tránsito
	Tratamiento	d) Investigaciones en seguridad vial e) Mejoramiento de los espacios riesgosos

Fuente: Elaboración propia

- Observatorio de movilidad y seguridad vial⁸: Bases de datos unificadas de accidentalidad que habiliten a los organismos mediante datos que faciliten y

⁸ Numeral 4.2.1.1 del PNSV

justifiquen la toma de decisiones y medidas adecuadas para combatir problemas específicos.

- Planeación en seguridad vial, adecuación y mejoramiento de la infraestructura⁹: Una planeación consciente en seguridad y diseño de vías puede minimizar el número y la severidad de los accidentes viales. Se consideran elementos como límites de velocidad, diseño de secciones e intersecciones, facilidades para usuarios no motorizados, educación para los usuarios y **estándares de señalización vertical y horizontal**, entre otros, como componentes que mejoran el nivel de seguridad en una vía.
- Educación para la autorregulación y corresponsabilidad ciudadana en el tránsito¹⁰: Plantea que un alto porcentaje de accidentes se atribuyen al comportamiento de los usuarios, sin tener en cuenta factores como **la señalización**, la infraestructura, y su incidencia en el comportamiento de los usuarios.
- Investigaciones en seguridad vial¹¹: Se llevarán a cabo con el fin de proporcionar suficiente documentación acerca del problema de accidentalidad vial, así como para justificar el desarrollo y evaluación de las medidas de solución.
- Mejoramiento de los espacios riesgosos¹²: Busca dichos espacios y buscar las alternativas para mitigar o eliminar los factores de riesgo que los han hecho constituirse en espacios peligrosos, mediante **el diseño e implementación de medidas de bajo costo**, entre otras medidas.

Entendiéndose el diseño de la señalización como una de las medidas que se considerarán para solucionar problemas específicos relacionados con la seguridad vial, hay que asegurarse de que la señalización que se implemente cumpla con los estándares de calidad requeridos, y de la misma forma que sea comprendida y respetada por los usuarios como es debido. Una señal con el diseño y la ubicación adecuada puede resultar totalmente inútil si no es comprendida o acatada por los usuarios, o no es consistente con todo el diseño de la señalización del tramo.

Pasando al último grupo de programas principales que conforman el PNSV. Se encuentra el programa central incluye todas las acciones coordinadas necesarias para lograr una mayor reducción de la ocurrencia de los accidentes de tránsito, en

⁹ Numeral 4.2.1.2 del PNSV

¹⁰ Numeral 4.2.1.3 del PNSV

¹¹ Numeral 4.2.3.1 del PNSV

¹² Numeral 4.2.3.2 del PNSV

especial, las encaminadas a mitigar los impactos de los accidentes con víctimas (heridos y/o muertos), mediante la articulación y ejecución de programas de soporte institucional y los programas de apoyo enfocados prevenir, atender o tratar los eventos que afectan la seguridad vial.

Los programas dirigidos a los *usuarios vulnerables* buscan promover y gestionar la seguridad del individuo cuando actúa de manera individual (p. Ej. peatón, conductor, pasajero, etc.), programas dirigidos a la generación. Y por otro lado la promoción de *comunidades seguras* busca fortalecer los procesos de movilidad segura en grupos objetivos de carácter colectivo o que se organizan para promover la seguridad de su comunidad o grupo, (transporte escolar, transporte público, barrios, colegios, etc.). Los programas y proyectos orientados a la promoción y establecimiento de comunidades seguras deben involucrar los siguientes elementos esenciales:

- El mantenimiento y recopilación de datos estadísticos confiables y el análisis de estos para determinar las causas reales de la accidentalidad vial y sus lesiones.
- Involucrar a la comunidad haciéndola partícipe en la construcción de alternativas de solución y generando conciencia de la gravedad de los accidentes de tránsito y de los costos económicos y sociales que implica.
- Sociedades ampliadas, mediante la designación de estamentos públicos y privados, que puedan difundir y hacer cumplir con las normas referentes a la seguridad vial.

1.3 MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL¹³

El Manual de Señalización Vial de Colombia, en su versión del año 2004 establece especificaciones para el diseño, ubicación y aplicación de los dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclo rutas de Colombia.

Cita el MSV en su capítulo introductorio lo siguiente:

“La decisión de utilizar un dispositivo en particular, en una localización determinada, debe basarse en un estudio de ingeniería identificado como proyecto de señalización o de semaforización, según sea el caso, en donde tiene relevante importancia el juicio del ingeniero que lo elabora.

¹³ En adelante, se hará referencia a este documento por medio de sus iniciales, MSV.

(...) El proyecto de señalización debe guardar armonía, estética y comodidad con el diseño geométrico de las vías para ofrecer un recorrido fácil y agradable exento de sorpresas y desorientaciones.”

El MSV consta de los siguientes capítulos: aspectos generales, señalización vertical, señalización horizontal, señalización de calles y carreteras afectadas por obras, otros dispositivos para la regulación del tránsito, señalización de ciclo rutas, semáforos, especificaciones técnicas y ejemplos típicos de señalización.

En su capítulo de aspectos generales, el Manual hace referencia a cuatro aspectos¹⁴: la función, la visibilidad, el uso y la conservación. Respecto a la función de los dispositivos para el control del tránsito en general, cita el Manual:

*“Es función de los dispositivos para la regulación del tránsito indicar a los usuarios las **precauciones** que debe tener en cuenta, las **limitaciones** que gobiernan el tramo de circulación y las **informaciones** estrictamente necesarias, dadas las condiciones específicas de la vía (...).”*

Respecto a la visibilidad de las señales, plantea el MSV lo siguiente:

“Para garantizar la visibilidad de las señales y lograr la misma forma y color tanto en el día como en la noche, los dispositivos para la regulación del tránsito deben ser elaborados preferiblemente con materiales reflectivos o estar convenientemente iluminados (...).”

Respecto al uso de las señales, indica el MSV:

“ (...) Con el fin de garantizar la efectividad de los dispositivos para el control del tránsito, es de relevante importancia elaborar siempre un estudio minucioso que permita establecer el mejor uso y ubicación de las señales evitando inconvenientes por su mala utilización, además de facilitar la comprensión de las señales y el acatamiento por parte de los usuarios (...).”

Sobre su conservación, indica el MSV:

“Todas las señales que regulen el tránsito deben permanecer en la posición correcta, limpias y legibles durante el tiempo que estén en la vía (...).”

En capítulos posteriores del presente texto, se amplían los conceptos generales sobre las señales de tránsito y los dispositivos para el control del tránsito en general, basados en la recopilación del estado del arte en otros países.

En el capítulo 2 sobre señales verticales, el Manual hace una serie de recomendaciones sobre su uso. Clasifica las señales de tránsito en

¹⁴ Manual de Señalización Vial, numeral 1.6.

reglamentarias, preventivas e informativas. Dentro de las recomendaciones más relevantes, se hallan las siguientes:

- Antes que una vía sea abierta al tránsito, deberán instalarse todas las señales que sean necesarias.
- El uso de las señales debe estar apoyado en estudios realizados por profesionales con experiencia en el campo de la Ingeniería de Tránsito.
- No se debe instalar un número excesivo de señales reglamentarias y preventivas en un espacio corto, ya que ocasiona contaminación visual y se pierde su efectividad.
- Se recomienda el uso frecuente de las señales informativas de ubicación y destino.

Sobre los requisitos que deben cumplir las señales, el Manual enumera los siguientes: Estado y conservación, visibilidad y colocación (dentro de los que se cuentan la ubicación lateral, longitudinal y altura).

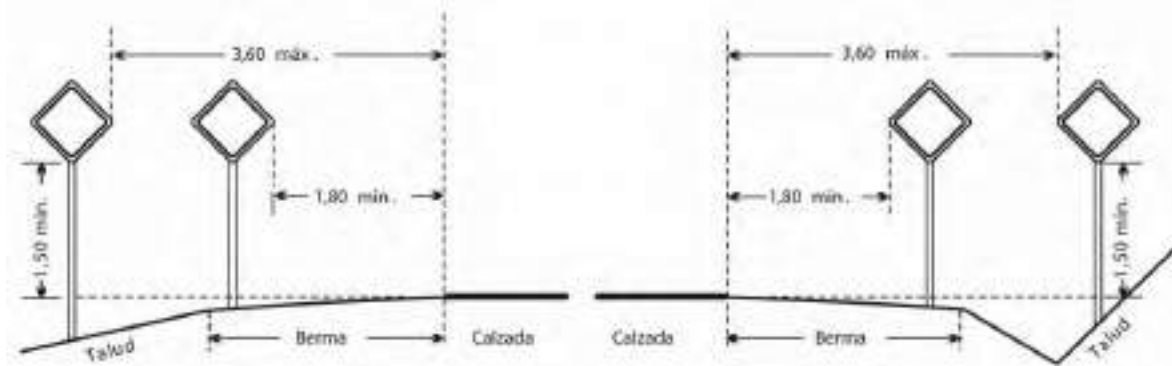
Sobre la ubicación lateral de las señales (ver Figura 2), expresa el Manual lo siguiente:

“Todas las señales se colocarán al lado derecho de la vía, teniendo en cuenta el sentido de circulación del tránsito, de forma tal que el plano frontal de la señal y el eje de la vía formen un ángulo comprendido entre 85 y 90 grados, con el fin de permitir una óptima visibilidad al usuario. No obstante, y con el fin de complementar la señalización, en vías multicarril se podrá colocar en los dos lados de la vía; así mismo de no existir completa visibilidad del lado derecho es permitido colocar una señal adicional a la izquierda.”

“En carreteras, la distancia de la señal medida desde su extremo interior hasta el borde del pavimento, deberá estar comprendida entre 1,80 m y 3,60 m. En las zonas urbanas serán instaladas de tal forma que la distancia de la señal medida desde su extremo más sobresaliente hasta el borde del andén no sea menor de 0,30 m.

Para las señales elevadas los soportes verticales que sostienen la señal, se instalarán a una distancia mínima desde el borde exterior de la berma, o de la cara exterior del sardinel, en el caso de existir éste, de 1,80 m en zonas urbanas y de 2,20 m en carretera. Cuando se proyecten soportes verticales intermedios, estos pueden localizarse en un separador siempre y cuando su ancho sea suficiente para que el soporte vertical deje distancias laterales no menores de 0,60 m”

Figura 2. Recomendaciones para ubicación lateral de las señales en vía rural.



Fuente: Manual de Señalización Vial. Ministerio de Transporte, 2004.

Sobre la ubicación longitudinal de las señales, dice el Manual lo siguiente:

“En condiciones especiales, en donde no exista la distancia suficiente que permita colocar dos señales verticales individuales separadas, se podrán adosar dos tableros de señales verticales en un solo poste. En este caso, la distancia mínima será el equivalente, en metros (m), a la velocidad de operación de la vía en kilómetros por hora (km/h).”

Sobre la altura de colocación del tablero de las señales verticales, establece el Manual lo siguiente:

“La altura de la señal medida, desde el extremo inferior del tablero hasta el nivel de la superficie de rodadura no debe ser menor de 1,80 m, para aquellas que se instalen en el área rural.

En áreas urbanas, la altura de la señal medida desde su extremo inferior hasta la cota del borde del andén no debe ser menor de 2,0 m.

Las señales elevadas se colocan sobre estructuras adecuadas en forma tal que presenten una altura libre mínima de 5,0 m., sobre el punto más alto de la rasante de la vía.”

El MSV considera 4 escenarios para asignar tamaños a los tableros de las señales verticales, los cuales se detallan en la Tabla 3, a continuación:

Tabla 3. Escenarios para definir el tamaño de las señales verticales.

Escenario	Tipo de vía	Ancho de corona
1	Urbana principal Jerarquía menor	< 6 m
2	Urbanas de jerarquía superior Carreteras	6 – 9 m
3	Autopistas y carreteras	9 – 12 m
4	Carreteras de 4 o más carriles	> 12 m

Fuente: Elaboración propia, con base en información del Manual de Señalización Vial colombiano.

Para mayor información sobre el tamaño de los tableros de las señales, se puede consultar la Tabla 2.2 del Manual de Señalización Vial Colombiano, ya que se manejan diferentes criterios de forma y tamaño para las señales preventivas, la preventiva SP-40, las señales reglamentarias, la señal SP-01 y SP-02, las señales informativas corrientes, e informativas de identificación, de destino y de información en ruta, e informativas turísticas.

Respecto a los materiales de los tableros, especifica el MSV:

“Los tableros de las señales verticales serán elaborados en lámina de acero galvanizado, aluminio o poliéster reforzado con fibra de vidrio.

Los mensajes de las señales serán elaborados sobre láminas retrorreflectivas que cumplan con los requisitos fijados en la Norma Técnica Colombiana NTC 4739 y adheridos a la lámina metálica cumpliendo con las especificaciones fijadas en la misma norma (...).”

Sobre las estructuras de soporte, expresa el MSV en su numeral 2.1.6:

Los postes de las señales serán fabricados en ángulo de acero, También pueden ser fabricados en tubo galvanizado de 2” de diámetro y 2 mm de espesor.

1.3.1 Clasificación funcional de las señales verticales

A continuación se explican las generalidades sobre la clasificación funcional para las señales verticales que el MSV considera. El primer tipo de señales que explica el Manual son las señales preventivas, y explica el Manual al respecto del objeto de las señales preventivas:

“Tienen por objeto advertir al usuario de la vía la existencia de una condición peligrosa y la naturaleza de ésta.”

Las señales preventivas utilizan el color amarillo para el fondo y el negro para orlas, símbolos, letras y/o números. Se utiliza el cuadrado con diagonal vertical rombo. En la Figura 3 se da un ejemplo de diseños típicos para las mismas.

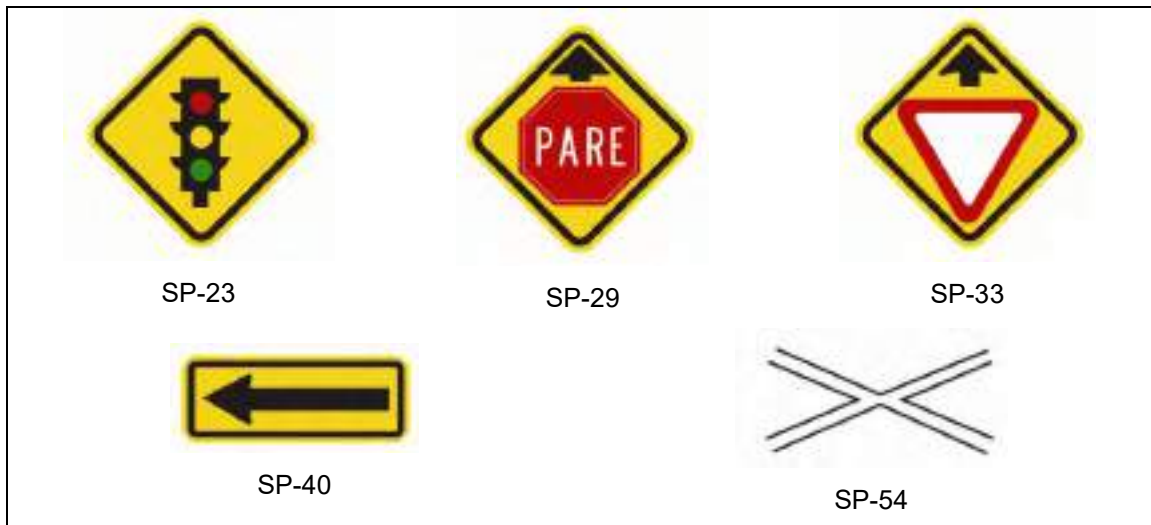
Figura 3. Ejemplo de señales preventivas típicas.



Fuente: Elaboración propia, con base en imágenes extractadas del MSV.

Las excepciones a estos criterios de uniformidad anteriormente mencionados son las siguientes señales, que se muestran en la Figura 4.

Figura 4. Señales que no siguen los criterios de uniformidad de las señales preventivas.



Fuente: Elaboración propia, con base en imágenes extractadas del MSV.

Para su ubicación longitudinal el Manual recomienda (ver Tabla 4):

“En vías arterias urbanas, o de jerarquía inferior, se ubicarán a una distancia que podrá variar entre 60 y 80 m. Para el caso de vías rurales, o urbanas de jerarquía superior a las arterias, las señales preventivas se colocarán de acuerdo con la velocidad de operación del sector, así.”

Tabla 4. Distancia de ubicación longitudinal de las señales preventivas de acuerdo a la velocidad de operación de la vía, en vías rurales.

Velocidad de operación (km/h)	Distancia (m)
40	50
60	90
80	120
100	150
> 100	> 250

Fuente: Manual de señalización vial

El Manual enumera y da indicaciones generales de uso para 61 señales preventivas de uso común, junto con 3 señales específicas para señalización preventiva de obras que afecten las vías, como se indica en el numeral 4.2 del MSV Colombiano, que son las siguientes: Trabajos en la vía, Maquinaria en la vía y Banderero.

El segundo tipo funcional de señales que contempla el Manual son las señales reglamentarias; el MSV menciona sobre el objeto de las señales reglamentarias lo siguiente:

“Tienen por objeto indicar a los usuarios de la vía las limitaciones, prohibiciones o restricciones sobre su uso. (...) Su violación acarrea las sanciones previstas en el Código Nacional de Tránsito Terrestre.”

Su forma es circular, y utilizan los siguientes colores: fondo blanco; orlas y franjas diagonales de color rojo; símbolos, letras y números en negro, como se muestra en la Figura 5.

Figura 5. Ejemplo de señales reglamentarias típicas



Fuente: Elaboración propia, con base en imágenes extractadas del MSV.

Las excepciones a estos criterios de uniformidad las constituyen las siguientes señales, que se muestran en la Figura 6:

Figura 6. Señales que no siguen los criterios de uniformidad de las señales reglamentarias.



Fuente: Elaboración propia, con base en imágenes extractadas del MSV.

Adicionalmente, resalta el Manual lo siguiente:

“La prohibición se indicará con una diagonal que forme 45° con el diámetro horizontal y debe trazarse desde el cuadrante superior izquierdo del círculo hasta el cuadrante inferior derecho. La señal SR-27 No parquearse ni detenerse, llevará adicionalmente otra franja diagonal, desde el cuadrante superior derecho hasta el cuadrante inferior izquierdo.”

En el caso en que se requieran adosar placas informativas, éstas serán de fondo blanco y orlas, textos, flechas y números de color negro.”

Respecto a la ubicación, el Manual añade lo siguiente:

“Las señales podrán ser complementadas con una placa informativa situada debajo del símbolo, que indique el límite de la prohibición o restricción. Las placas informativas podrán indicar también los días de la semana y las horas en las cuales existe la prohibición. Dichas placas no deberán tener un ancho superior al de la señal.”

Las señales reglamentarias se ubican en el mismo sitio donde empieza a aplicarse la reglamentación o prohibición descrita en la señal.

El Manual enumera y da indicaciones generales de uso para 44 señales reglamentarias, junto con tres (3) señales reglamentarias para señalización temporal o de obra, como se indica en el numeral 4.2.2 del MSV Colombiano, que son: Vía cerrada, Desvío y Uno a uno.

El tercer grupo de señales lo constituyen las señales informativas o de información, tienen por objeto guiar al usuario de la vía suministrándole información útil o necesaria para su recorrido por la vía. Las señales informativas se clasifican a su vez como se muestra en la Tabla 5:

Tabla 5. Sub-clasificación de las señales informativas

Tipo de señal informativa	Función
Identificación	Identificar las carreteras, según la nomenclatura vigente.
Postes de referencia	Indicación del abscisado
Destino	Indican nombre, dirección y distancia de ubicación de poblaciones en la ruta.
Información en ruta	Informan sobre la nomenclatura urbana, sitios geográficos de interés, mensajes de seguridad o educativos.
Información general	Informan sobre la existencia en ruta de lugares de interés general
Servicios	Informan sobre la existencia en ruta de lugares de oferta de servicios
Información turística	Informan sobre la existencia en ruta de Lugares turísticos

Fuente: Elaboración propia, con base en información del MSV.

Las señales informativas usan además las siguientes formas y colores, que se explican con mayor detalle en la Tabla 6 y en las figuras a continuación de ella, de la Figura 7 a la Figura 9. Las recomendaciones para la ubicación de las señales informativas que da el MSV se muestran en la Tabla 7:

Tabla 6. Formas y colores de las señales informativas

Tipo de señal informativa	Forma	Colores
Identificación	Escudo	Fondo blanco Letras y números en negro
Postes de referencia	Rectangular	Fondo blanco Letras y números en negro
Destino	Rectangular	Fondo blanco Letras y números en negro
Destino (Elevadas)	Rectangular	Fondo verde (azul en señales urbanas que hagan referencia a destinos fuera de la ciudad) Letras, orla, flechas y números en blanco. Esquemas en gris (SI-05c).
Información en ruta	Rectangular	Fondo blanco Letras y números en negro Fondo verde y letras, números, orla y flechas blanco (Señal SI-26)
Información general	Rectangular	Fondo azul Recuadro blanco Pictograma negro Flechas, números y letras en blanco
Servicios	Rectangular	Fondo azul Recuadro blanco Pictograma negro, (rojo en SI-16) Flechas, números y letras en blanco
Información turística	Cuadrada	Fondo azul Orla, pictograma, flechas números y letras en blanco
Placas adicionales	Rectangular	Fondo blanco Orlas, flechas, letras y números en negro

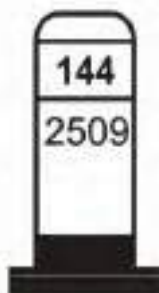
Fuente: Elaboración propia, con base en información del MSV.

Figura 7 Señales informativas de identificación.



Fuente: Elaboración propia, con base en imágenes tomadas del MSV.

Figura 8. Poste de referencia de abscisado.



Fuente: Manual de Señalización Vial colombiano.

Figura 9. Imagen: Señales informativas típicas.



Fuente: Elaboración propia, con base en imágenes tomadas del MSV.

Tabla 7. Recomendaciones para la ubicación de las señales informativas según su tipo

Tipo de señal informativa	Ubicación
Identificación	Se ubicarán adyacentes a las señales de destino que identifiquen la ruta a la cual se hace referencia.
Información en ruta	En el mismo sitio a indicar
Información general	En el mismo sitio a indicar
Servicios	En el mismo sitio a indicar
Información turística	En el mismo sitio a indicar

Fuente: Elaboración propia

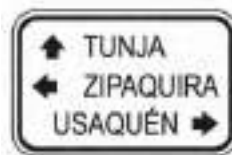
Para la ubicación de los postes de referencia (Figura 8) el MSV recomienda lo siguiente en su numeral 2.4.5:

“Estos postes se colocan en cada kilómetro de vía, en orden ascendente, a partir de un punto de referencia establecido conforme a las normas vigentes sobre el tema, así:

- *Al lado derecho para carreteras de doble calzada.*
- *Alternando números pares por la derecha, con números impares por la izquierda, para carreteras de una calzada.*
- *Si por circunstancias físicas de la vía el poste no puede colocarse en la abscisa exacta, éste debe instalarse adelante o atrás de la abscisa correspondiente, a una distancia no mayor de 25m.; si aún persiste la imposibilidad de ubicarlo, puede omitirse.”*

Para la señal de destino SI-05, se establece su ubicación en función de la distancia y del tipo de letra que se usa en la señal.

Figura 10. Señal informativa SI-05.



Fuente: Manual de Señalización Vial colombiano.

Para las otras señales de destino, recomienda el Manual lo siguiente:

- “La señal SI-05 A se instalará sobre el área de la intersección o en sus zonas aledañas. El uso de esta señal podrá reemplazar la señal SI-05 ubicada en el sitio de decisión.
- Las señales SI-05 B y SI-05 C se ubicarán en el sitio de decisión.
- La señal SI-06 debe ser colocada después de una intersección o un cruce a distancias no menores a 70m ni mayores a 150 m. Con el propósito de mantener informado al conductor de su progreso dentro de la vía, esta señal puede ser colocada también, a distancias esporádicas hasta de 10 km en zonas con velocidades mayores a 60 km/h y hasta de 6 km en zonas con velocidad menores a 60 km/h.”

Figura 11. Señales informativas de destino.



Fuente: Elaboración propia, con base en imágenes extractadas del MSV.

El MSV enumera y da indicaciones generales de uso para 60 señales informativas, dentro de las que se incluyen cinco (5) para señalización informativa de obra.

Dentro de las señales informativas existe un subgrupo llamado el de las señales elevadas; el MSV lo siguiente sobre las señales elevadas:

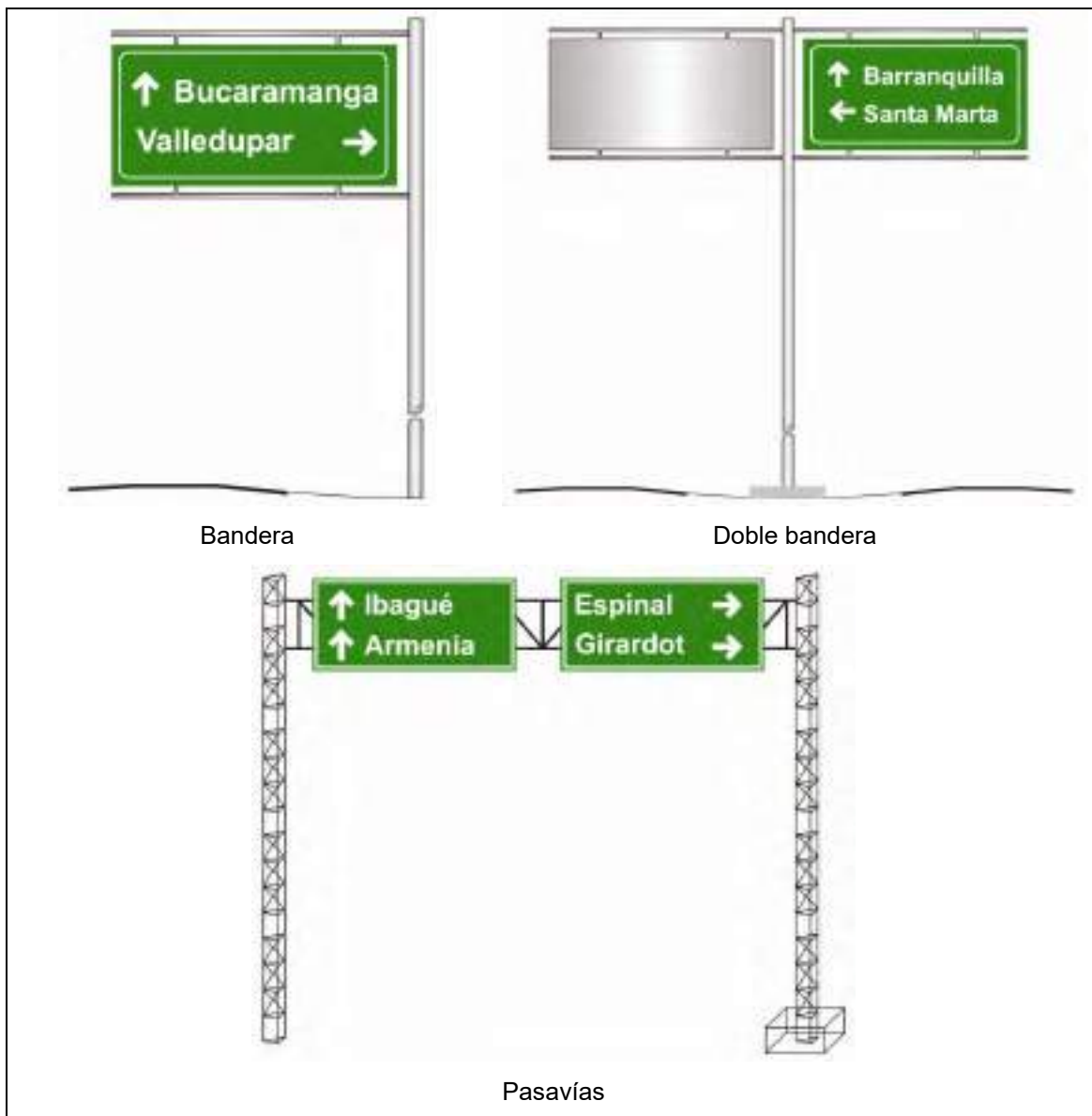
“Algunos mensajes informativos pueden darse a través de señales elevadas, las cuales corresponden a estructuras de gran tamaño, visibles a distancias lejanas y las cuales son aplicables en vías principales, autopistas o vías expresas en donde los vehículos circulan a velocidades relativamente altas.”

El MSV clasifica las señales elevadas en tres tipos: Bandera, doble bandera y pasavías (ver Figura 12). Sobre el diseño de los tableros especifica lo siguiente:

“Las señales elevadas son de fondo verde, orlas, flechas y textos en blanco, con excepción de las señales informativas de destino utilizadas en áreas urbanas que hagan referencia a destinos ubicados fuera de la localidad, en las cuales podrá reemplazarse el fondo verde por azul.”

Para el caso de las señales de destino tipo pasavías se colocará, en lo posible, una lámina informativa por cada carril de circulación.”

Figura 12. Señales elevadas tipo bandera, doble bandera y pasavías.



Fuente: Elaboración propia, con base en imágenes tomadas del MSV.

Las siguientes señales se usarán como señales elevadas: SI-05 - Información previa de destino, SI-05A - Informativa de decisión de destino, SI-05B - Croquis y

SI-06 - Confirmativa de destino. Adicionalmente a las anteriores, las señales de información en ruta SI-27 - Seguridad vial y SI-28 - Geográfica también podrían ser señales elevadas.

El capítulo continúa con una serie de diseños para los alfabetos, flechas y símbolos a utilizarse en los tableros. Concluyendo el capítulo 2, el numeral 2.8 “El proyecto de señalización vertical” presenta las siguientes consideraciones sobre la presentación de proyectos:

“En términos generales, los resultados de un proyecto de señalización vertical se deberán presentar en planos planta-perfil de señalización, elaborados a la misma escala de los planos planta perfil de la vía en consideración.

Para carreteras, se recomienda que los planos se presenten en escala 1:2.000 ó 1:1.000 dependiendo del diseño propuesto: una calzada o dos calzadas.

En vías urbanas se recomienda la presentación en escala 1:500; las intersecciones en escala 1:500 ó 1:250, dependiendo de sus características geométricas. El empleo de otras escalas dependerá fundamentalmente del tipo de proyecto y de las normas exigidas por la entidad a la cual se presenta el diseño respectivo.

Utilizando los códigos de cada señal de tránsito, a lo largo del proyecto se ubicará cada dispositivo en la parte correspondiente al plano en planta. La convención a emplear para indicar la orientación de la señal en la vía es la utilización de un círculo relleno con una línea tangente o adyacente a este, tal como se muestra en los diseños típicos contemplados en el capítulo 9 del presente Manual.

Se deberá presentar por separado el diseño de cada una de las señales informativas de destino o de información en ruta en escala 1:10, 1:20 ó 1:25. En este diseño, deberán incluirse las dimensiones en milímetros (mm) de todos los esquemas, textos, letras, números, flechas u orlas y separación entre ellas.”

El Capítulo 3 del Manual trata sobre señalización horizontal. El MSV la define de la siguiente manera:

“La señalización horizontal, corresponde a la aplicación de marcas viales, conformadas por líneas, flechas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, bordillos o sardineles y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodadura, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos.”

De acuerdo con el Artículo 111 del Código Nacional de Tránsito, la señalización horizontal tiene una menor prelación a la que tiene la señalización vertical, y existe para ser complemento de la misma. En algunos casos, la señalización horizontal es útil para transmitir al usuario de la vía información que sería imposible de transmitir por medio del uso de otro tipo de dispositivos de control del tránsito. Añade el Manual al respecto:

“Para que la señalización horizontal cumpla la función para la cual se usa, se requiere que se tenga una uniformidad respecto a las dimensiones, diseño, símbolos, caracteres, colores, frecuencia de uso, circunstancias en que se emplea y tipo de material usado.

Las marcas viales o demarcaciones deben ser reflectivas excepto paso peatonal tipo cebrá, o estar debidamente iluminadas.”

El MSV clasifica la señalización horizontal de la siguiente manera, que se muestra en la Tabla 8:

Tabla 8. Clasificación de la señalización horizontal según el Manual de señalización de Colombia

Clasificación	Dispositivos utilizados
Marcas longitudinales	• Líneas: Centrales, de borde de pavimento, de carril, de separación de rampas. • Demarcación: Zonas de adelantamiento prohibido, bermas pavimentadas, canalización, transiciones en el ancho del pavimento, aproximación a obstrucciones, pasos a nivel, líneas de estacionamiento, uso de carril, carriles exclusivos para buses, paraderos de buses, carriles de contraflujo, flechas.
Marcas transversales	• Demarcación: Líneas de pare, pasos peatonales, ceda el paso. • Líneas antibloqueo • Símbolos y letreros
Marcas	• Bordillos • Sardineles
Marcas de objetos	• Dentro de la vía • Adyacentes

Fuente: Elaboración propia

El mismo capítulo proporciona indicaciones acerca de cómo deben implementarse en una vía cada uno de los tipos de marcas enumerados anteriormente.

El Capítulo 5 del MSV, llamado “Otros dispositivos para la regulación del tránsito” hace referencia sobre los siguientes dispositivos, que se muestran de forma resumida en la Tabla 9.

Tabla 9. Dispositivos para la regulación del tránsito referenciados por el Manual de Señalización Vial colombiano.

Funcionalidad	Dispositivos mencionados
Señales de guía	• Delineadores de corona • Delineadores de curva horizontal • Delineadores de obstáculo • Delineadores de canalización • Captafaros
Reductores de velocidad	• Líneas reductoras de velocidad • Resaltos • Resaltos virtuales • Resaltos portátiles • Sonorizadores • Bandas sonoras • Otros reductores de velocidad
Delineadores de piso	• Tachas reflectivas • Estoperoles y boyas • Tachones y bordillos
Señales de PARE portátiles	

Fuente: Elaboración propia

El Capítulo 6 trata el tema de señalización de ciclo rutas: Da especificaciones sobre señalización vertical y horizontal aplicable a las ciclo rutas del país. El Capítulo 7 trata sobre semáforos. El Capítulo 8 se trata sobre especificaciones técnicas y otorga unas guías básicas para el suministro, transporte, almacenamiento e instalación de señales verticales, y de los materiales empleados para la señalización horizontal; así como de captafaros, delineadores de corona y tachas reflectivas. En el Capítulo 9 se muestran unos ejemplos típicos de señalización “a nivel de esquema” para los siguientes casos:

- Intersección en “T” a nivel, no canalizada
- Intersección en “T” a nivel, canalizada
- Intersección en “Y” a nivel, no canalizada
- Intersección de vías a nivel no canalizada

- Intersección en “T” a desnivel
- Intersección de vías a desnivel
- Glorieta
- Estación de pesaje
- Estación de peaje
- Implementación de separador central (Isla de refugio)
- Ejemplos de señalización temporal
- Ejemplos de señalización en cruces de ciclo ruta

1.4 MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS¹⁵

La última versión existente es la publicada en el año 2008 por el INVIAS. El MDGC clasifica las carreteras según su funcionalidad y el tipo de terreno que atraviesan. Según su funcionalidad, las vías se clasifican en primarias, secundarias o terciarias. El MGDC las define de la siguiente manera:

- Vías primarias:

“Son aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de Departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de éste con los demás países.

Este tipo de carreteras pueden ser de calzadas divididas según las exigencias particulares del proyecto.

Las carreteras consideradas como Primarias deben funcionar pavimentadas.”

- Vías secundarias:

“Son aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria.

¹⁵ En adelante, se hará referencia a este documento por medio de las iniciales, MDG.

Las carreteras consideradas como Secundarias pueden funcionar pavimentadas o en afirmado.”

- Vías terciarias:

“Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí.

Las carreteras consideradas como Terciarias deben funcionar en afirmado. En caso de pavimentarse deberán cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las vías Secundarias.”

Según la topografía que atraviesan en su recorrido, el tipo de terreno de las vías se clasifica en plano, ondulado, montañoso y escarpado. Se caracterizan de acuerdo a las siguientes variables: Pendientes transversales y longitudinales, movimiento de tierras y combinación de alineamientos horizontal y vertical. Sus características más detalladas se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Clasificación de los tipos de terreno que atraviesa una vía.

Tipo de terreno	Características			
	Pendiente longitudinal	Pendiente transversal	Movimiento de tierras	Combinación de alineamientos
Plano	< 3 %	< 5°	Mínimo	Permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos.
Ondulado	3 % – 6 %	6° - 13°	Moderado	Obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de las de los vehículos livianos, sin que esto los lleve a operar a velocidades sostenidas en rampa por tiempo prolongado.
Montañoso	6% - 8%	13° - 40°	Grande	Obliga a los vehículos pesados a operar a velocidades sostenidas en rampa durante distancias considerables y en oportunidades frecuentes.
Escarpado	> 8%	> 40°	Máximo	Obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en rampa que en aquellas a las que operan en terreno montañoso, para distancias significativas y en oportunidades frecuentes.

Fuente: Elaboración propia con información del Manual de Diseño Geométrico de Vías.

Los requerimientos de señalización cambiarán de acuerdo al tipo de vía y de terreno por el que atraviesan, siendo diferentes las limitaciones y riesgos presentes en cada tipo, y por tanto la señalización que hay que aplicar.

En su numeral 1.3, el MDG 2008 explica las 3 fases que se siguen para el diseño de una carretera primaria, que son la pre-factibilidad, la factibilidad y la fase de diseños definitivos. A continuación se explica cada una de ellas:

- Fase 1. Prefactibilidad: se identifican uno ó varios corredores de ruta posibles, se realiza el prediseño aproximado de la carretera a lo largo de cada corredor y se realiza la evaluación económica preliminar. Su objetivo es establecer si el proyecto ofrece posibilidades de ser viable económicamente.

- Fase 2. Factibilidad: Se debe diseñar en forma definitiva el eje en planta de la carretera, tener pre diseños del eje en perfil, de las secciones transversales, de las obras de drenaje superficial y subterráneo, de las estructuras, entre otros y se procede a la evaluación económica final. Su objetivo es tomar la decisión final de continuar ó no con el proyecto dependiendo de su rentabilidad.
- Fase 3. Diseños definitivos: En ésta fase se elaboran los diseños detallados, tanto geométricos como de todas las estructuras y obras complementarias que se requieran, de tal forma que un constructor pueda materializar la carretera

El pre diseño de la señalización y demarcación de la carretera y sus intersecciones se realizan dentro de las actividades contempladas en la etapa de factibilidad. De la misma forma el presupuesto asociado a la señalización se efectuará como parte de las actividades contempladas en la etapa de factibilidad. Dentro de los estudios y diseños complementarios definitivos se diseñará la señalización y la demarcación de la carretera, así como el pavimento, las intersecciones, el amoblamiento y otras obras que definen a su vez la señalización necesaria para un tramo homogéneo determinado.

Para el diseño de vías secundarias y terciarias (las secundarias normalmente suelen ser carreteras terciarias que han sido sometidas a un mejoramiento continuo que en el transcurso de los años) no se consideran 3 fases como sucede con el diseño de una vía primaria. Se considerará una única fase de diseño, dentro de la cual, en los estudios y diseños complementarios se diseña la señalización vial y la demarcación de la carretera y las intersecciones.

El MDG 2008 establece que una carretera puede ser susceptible de mejorarse si se presentan las siguientes condiciones:

- Incremento en el volumen de tránsito
- Pavimentación de una carretera, que obliga a hacer mejoras en los alineamientos, compatibles con el aumento en la velocidad de operación que dicha pavimentación implica.
- La necesidad de eliminar sitios críticos de accidentalidad.

Además, algunos de los criterios generales de mejoramiento contemplan lo siguiente:

- Se deben cumplir los criterios de diseño geométrico correspondientes a carreteras nuevas.
- En las carreteras de dos carriles, garantizar la distancia de visibilidad de parada y una longitud suficiente con visibilidad de adelantamiento.
- El mejoramiento que implica una rectificación debe ser completo y obedecer a estándares congruentes en sus alineamientos horizontal, vertical y en sección transversal.
- Corregir los accesos peligrosos a los puentes y eliminar pasos de ferrocarril a nivel.

Añade el MDG sobre el mejoramiento de carreteras lo siguiente:

“La vía mejorada debe ser una carretera cómoda, segura y adaptada a las nuevas exigencias del tránsito,..., cumpliendo con los mismos requerimientos exigidos para el diseño geométrico de una vía nueva.”

Lo anterior implica que las señales preventivas como las de Paso a nivel y Puente angosto, entre otras se volverán caducas en las vías primarias, y se esperaría que su uso fuera cada vez menos frecuente a medida que las vías nacionales cumplan con especificaciones de diseño cada vez más sofisticadas.

Por otro lado, en Colombia es una práctica usual en el mejoramiento de vías terciarias o secundarias de montaña limitarse a la pavimentación de la misma sin efectuar las mejoras debidas en los alineamientos. La pavimentación de la calzada implica el aumento de las velocidades de circulación, las cuales no serán seguras en una carretera que tiene alineamientos con velocidades de diseño bastante menores. Esto trae como consecuencia previsible el aumento del riesgo de accidentalidad e impone un reto a la señalización vial como medida de mitigación de este tipo de riesgos; además de ser una medida de mucho más bajo costo que el que implicaría mejorar el trazado de la vía.

En el Capítulo 2 titulado “*Controles para el diseño geométrico*”, se definen para un tramo los aspectos y variables que hay que considerar para el diseño. El primero y más relevante de ellos es la velocidad de diseño para un tramo homogéneo. A partir de la velocidad de diseño del tramo homogéneo surge el concepto de velocidad específica por elementos del trazado de la vía. La velocidad esperada en una vía depende de la categoría de la vía y del tipo de terreno por el que atraviesa, como se detalla en la Tabla 11.

Tabla 11. Rangos de asignación de velocidades de diseño de tramos homogéneos.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO									
		HOMOGÉNEO V_{TR} (Km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Primaria de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. INVIAS, 2008.

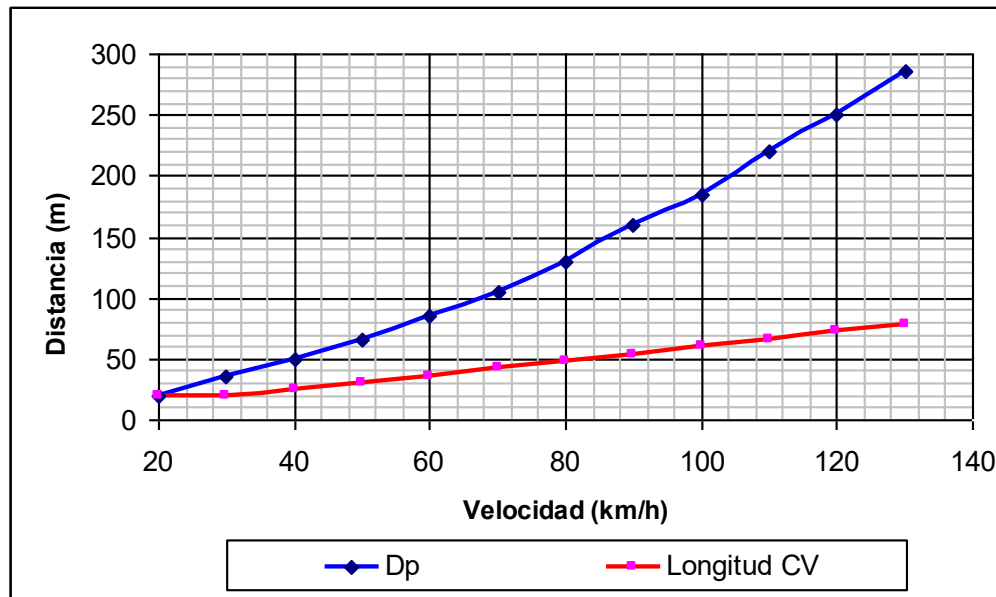
Otras variables de diseño que influyen de forma directa en la señalización que se ubique en una vía son el radio de curvatura, la pendiente y longitud que tenga una tangente vertical, y la longitud de la curva vertical, entre otros; las cuales influyen en las velocidades a señalizar, en la demarcación de las curvas, entre otros. En la Tabla 12 se establece la forma en que se relacionan la velocidad específica, la distancia de visibilidad de parada y la longitud mínima para una curva vertical. Y en la Figura 13 se observa la relación existente entre la distancia de visibilidad de parada mínima requerida y la longitud mínima para la curva vertical.

Tabla 12. Distancias mínimas de visibilidad de parada y longitudes mínimas para curvas verticales, según criterio de operación

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{cv} (Km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m)	LONGITUD MÍNIMA DE CURVA (m)
20	20	20
30	35	20
40	50	24
50	65	30
60	85	36
70	105	42
80	130	48
90	160	54
100	185	60
110	220	66
120	250	72
130	285	78

Fuente: Elaboración propia, con base en modificaciones del MDG 2008.

Figura 13. Longitud mínima de curvas verticales y distancia de visibilidad de parada según la velocidad de diseño



Fuente: Elaboración propia

El MDG considera varios tipos de intersecciones en carreteras en función de su geometría, los cuales se mencionan en la Tabla 13, y en capítulos posteriores se tratará el tema de las variables que influyen en su diseño y las demandas de señalización que se pueden presentar de acuerdo al buen cumplimiento de estos parámetros.

Tabla 13. Tipos de intersecciones en carreteras

Tipo de intersección		Observaciones
A Nivel	Sin canalizar: En “T” o “Y” En cruz	Constan de una calzada principal y una secundaria, hay una línea de pare sobre la calzada secundaria. Se considera el ángulo de cruce y los radios de curvatura en esquinas como variables
	Canalizadas: En “T” o “Y” En cruz	Además de lo que se mencionó anteriormente, incluyen ramales de entrada a la calzada principal, y carriles de aceleración y desaceleración, isletas separadoras e isletas direccionales Puede haber separador o no sobre la vía principal
	Glorietas	
A desnivel	Forma de trompeta, trébol Pasos peatonales	

Fuente: Elaboración propia

En el Capítulo 7, el manual da recomendaciones para el diseño geométrico de puentes y túneles. En el Capítulo 8, titulado *Consistencia del Diseño Geométrico de la Carretera*, el MDG formula las siguientes recomendaciones, que se mencionan aquí en forma resumida:

“La aplicación de los criterios debe dar como resultado un diseño que cumpla con las siguientes condiciones:

- *Que el conductor pueda distinguir la superficie de rodadura así como obstáculos eventuales a una distancia suficiente para reaccionar adecuadamente.*
- *Que el conductor pueda avistar de manera oportuna los puntos particulares de interés como intersecciones, cruces, incorporaciones, etc.*
- *Tener una percepción continua de la evolución del trazado, evitando confusiones generadas por interrupciones en la geometría que podrían llevar a respuestas erróneas por parte de los conductores.*
- *Que el conjunto resultante del proceso de diseño sea agradable para los usuarios, que realce las condiciones estéticas de los sitios de influencia del recorrido, permitiendo con esto una operación menos monótona, y por consiguiente, se disminuya el riesgo de accidentalidad asociada al cansancio de los conductores.*

Todo esto debe ser complementado con medidas de control del tránsito que le permitan al conductor prepararse y adaptarse a las condiciones impuestas por la geometría de la vía, para lo cual paralelamente se debe cumplir lo estipulado en el “Manual de Dispositivos para la regulación del Tránsito en calles y carreteras de Colombia”, del Ministerio de Transporte.”

El MDGC en su numeral 8.1.1 enumera como condiciones indeseables:

- *“Alineamientos rectos de gran longitud seguidos de curvas horizontales de radios mínimos.*
- *Alineamientos rectos de gran longitud a expensas de pendientes fuertes.*
- *Pendientes bajas a expensas de desarrollos en planta muy extensos.*
- *Combinaciones que conduzcan a la pérdida de trazado: Se entiende por ésta como la desaparición de la superficie de la vía a los ojos del conductor, y su reaparición a una distancia inferior a la requerida para recuperar el control perdido por el fenómeno de desorientación generado. En terrenos planos y ondulados, la ubicación de curvas verticales sucesivas y de corta longitud produce un efecto de pérdida de trazado y de disminución de los tramos de oportunidad de adelantamiento. Peor aún, cuando a estas situaciones se suman curvas en planta sucesivas, la apariencia del trazado desde un sitio alto del mismo dará una impresión incómoda a los conductores.*
- *La coincidencia entre curvas verticales convexas y puntos de inflexión de curvas horizontales genera situaciones de peligrosidad para la operación por la alta probabilidad de decisiones erróneas por parte de los conductores.”*

La relativa abundancia de condiciones indeseables en muchas de las carreteras nacionales impone un reto a los diseños de señalización vial, como una medida de bajo costo que garantizará y mejorará la seguridad en la circulación, así como reducirá la accidentalidad hasta los niveles mínimos que esta medida lo permita.

1.5 MANUAL DE AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIAL (ASV)

En general las Auditorías de Seguridad Vial ASV buscan evaluar los riesgos potenciales de accidentes para minimizar los riesgos y las consecuencias de los accidentes, con el fin de disminuir su frecuencia de ocurrencia y gravedad, así como sus costos personales y sociales. Propenden por la seguridad de todos los usuarios de la vía.

Las ASV pueden efectuarse en cualquier etapa de desarrollo de un proyecto; cuando se realizan en la etapa de diseño, o de factibilidad, se potencia su función ya que es más fácil corregir un diseño que hacer correcciones en una obra de infraestructura terminada.

Dicho Manual fue desarrollado por el INVIAS en el año 2006, para ser aplicado en el Plan 2500; dentro del alcance que tienen en el marco del Plan 2500, las ASV se realizan en las siguientes etapas del proyecto: 1) En la fase de diseño, una vez sea aprobado por la interventoría respectiva, 2) Durante la ejecución de la obra y 3) En la puesta en servicio, es decir una vez se encuentre terminada la obra y antes de su recibo final, se efectuará una ASV al proyecto terminado

Dentro de la auditoría en el diseño, se hará la revisión de la documentación y la visita al proyecto, con el fin de visualizar potenciales conflictos entre usuarios de la vía y puntos críticos de accidentalidad, que en planos no se observan. Se hará también una visita nocturna y se verificará el funcionamiento de la vía en campo para los diferentes usuarios (peatones, ciclistas, motociclistas y conductores). Se formularán recomendaciones de tipo constructivo y sobre medidas a implementar para solucionar las deficiencias de seguridad.

Para la auditoría en la etapa de puesta en servicio de la obra, se realiza una inspección detallada de la nueva vía, conduciendo un vehículo, siendo pasajero y caminando (si se puede) la vía por el equipo auditor, para garantizar que las necesidades de seguridad de todos los usuarios de la vía estén satisfechas.

La auditoría en esta etapa sirve además para verificar la relación entre el alineamiento vertical y el horizontal, y para evaluar el comportamiento de la señalización. Así mismo una inspección nocturna es esencial. Esta tiene como finalidad por una parte, revisar la señalización y demarcación, así como la visibilidad, y por otra parte, para revisar el trazado de la vía en la oscuridad, con el fin de detectar posibles puntos críticos.

Dentro de las listas de chequeo adoptadas (ver Tabla 14) se consideran los siguientes aspectos en cuanto a la señalización.

Tabla 14. Algunos aspectos generales de relevancia a considerar en una lista de chequeo, relevantes para los diseños de señalización vial

Aspectos a considerar	Algunas preguntas de la lista de chequeo
Diseño y puesta en servicio	¿La señalización propuesta cubre todos los sitios que presentan riesgos potenciales de la vía? ¿Las señales pueden ser vistas a una distancia segura? ¿La demarcación de la vía está acorde con el diseño geométrico en cuanto a distancias de visibilidad?
Puesta en servicio	¿Las señales verticales son visibles y están libres de obstrucciones?
Aspectos referentes a otros usuarios	¿Existen riesgos para el peatón en cruces, en el borde de la vía, u otro lugar? ¿Existen riesgos para ciclistas? ¿Los cruces de peatones están adecuadamente señalizados?

Fuente: Elaboración propia, con base en el Manual de Auditorías de Seguridad Vial

En general, la auditoría busca contemplar que se cumplan los siguientes aspectos, dentro de los parámetros indicados, y para los cuales la señalización tiene que ser la adecuada:

- Alineamiento horizontal y vertical, y seguridad en accesos
- Ancho de la sección transversal y variaciones significativas
- Distancias de visibilidad y manejo de obstrucciones en el área de derecho de vía
- Transiciones entre zonas urbanas y rurales
- Sitios específicos de riesgo (Visibilidad escasa, distracciones)
- Velocidad de aproximación a intersecciones y elementos de control
- Circulación de usuarios no motorizados

2 MANUALES CONSULTADOS DE OTROS PAÍSES

Para la recopilación de la información sobre el estado del arte en otros países, se recurrió a información tomada de textos y manuales que incluyen las experiencias, las metodologías existentes y las tecnologías aplicadas destinadas a reducir el impacto que tiene la accidentalidad vial en esos lugares y que pueden tener aplicabilidad en el contexto colombiano, dada una similaridad en cuanto a condiciones topográficas, de operación del tránsito, de diseño geométrico de las carreteras nacionales, y aspectos culturales, entre otros.

2.1 MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL DEL ESTADO DE BRITISH COLUMBIA, CANADÁ¹⁶

Este manual fue publicado en Septiembre de 2000, y está conformado por siete partes diferentes: una sobre generalidades, otra sobre señales reglamentarias, señales preventivas, señales informativas de orientación, señales para zona escolar, señales informativas de sitios de interés y marcas (señales horizontales).

El estado de British Columbia se encuentra ubicado en la costa pacífica de Canadá, atravesado por las montañas rocosas, luego gran parte de la topografía del estado corresponde a terrenos de montaña y su contexto geográfico y topográfico es útil para la consulta de lineamientos de diseño aplicables al contexto colombiano. Cuenta con una serie de Manuales anexos, como el Manual de Control de Pasos Peatonales¹⁷ para el mismo estado y el Manual de Señalización en Obras¹⁸, entre otros.

¹⁶ Nombre en su versión original: *Manual of Standard Traffic Signs & Pavement Markings*. Para fines posteriores del documento, se denominará a este Manual como el “Manual Canadiense”.

¹⁷ Nombre en su versión original: *Pedestrian Crossing Control Manual for British Columbia, 2004*

¹⁸ *Traffic Control Manual for Work on Roadways, 1999*

2.2 NORMAS 8.1-IC Y 8.2-IC DE ESPAÑA

Dos normas españolas sobre la señalización vertical y horizontal en carreteras respectivamente. La norma 8.1-IC se aprueba por medio de la orden 1798 de 28 de diciembre de 1999, y la 8.2-IC por medio de la orden de 165 de julio de 1987.

En la norma sobre señalización vertical se toca lo referente a los siguientes aspectos: clasificación funcional de las señales, principios básicos, clasificación de las carreteras; características de los elementos de señalización vertical (dimensiones, colores, forma, inscripción), criterios de implementación (como visibilidad, posicionamiento, altura, etc.), casos de señalización según el tipo de carretera, intersecciones, entradas y salidas de las vías, curvas horizontales, reglamentación de velocidad máxima, adelantamiento y otras restricciones en el trazado de la vía.

En la norma sobre señalización horizontal se toca lo referente a generalidades sobre su uso, colores y se clasifican las marcas en 7 grupos diferentes: marcas longitudinales continuas, marcas longitudinales discontinuas, continuas adosadas a discontinuas, marcas transversales, flechas, inscripciones y otras marcas.

2.3 MANUAL DE DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO EN VIALIDADES DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA (MÉXICO)

Este manual fue elaborado por la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas del estado de Baja California, México. En su temario consta de las siguientes partes: generalidades de las señales (función, diseño, ubicación, etc.); señales preventivas, señales reglamentarias¹⁹, señales informativas, marcas, señales luminosas, dispositivos para protección de obras, dispositivos diversos, isletas y control del tránsito en zonas escolares.

2.4 MANUAL DE SEÑALIZACIÓN DE GRAN BRETAÑA²⁰

Fue elaborado por autoridades conjuntas de la Gran Bretaña, como el Departamento de Transporte, el Departamento para el Desarrollo Regional de Irlanda del Norte y otras autoridades de Escocia y Gales. Su publicación se hizo en el año de 1982, y su última versión es del año 2004.

¹⁹ Llamadas originalmente señales restrictivas en el manual

²⁰ Nombre en su versión original: *Traffic signs manual*. En adelante y para los fines del documento, se hará referencia a este Manual como “Manual Británico”.

Su contenido está conformado por las siguientes partes: introducción, señales informativas, señales reglamentarias, señales preventivas, marcas, iluminación de señales, diseño y medidas de señalización temporal. El Manual toca aspectos referentes al tema de diseños de señalización vial en apartados presentes en varios de los capítulos.

2.5 MANUAL DE SEÑALIZACIÓN DE CHILE

El Manual de Señalización de Tránsito de Chile fue elaborado en su primera versión por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones en el año de 1982.

Consta de cinco partes, una de introducción, otra de generalidades de las señales verticales, señales reglamentarias, señales preventivas²¹, y señales informativas. En su parte introductoria el Manual considera algunos aspectos respecto al diseño y al uso de las señales que el MSV colombiano no considera en su totalidad.

2.6 MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁFICO DE ESTADOS UNIDOS (MUTCD) ²²

La edición que ha sido consultada del MUTCD es del año 2003, incluyendo la última revisión que ha sido efectuada en el año 2007. El manual es aprobado por la Administración de Autopistas Federales (Federal Highway Administration) como el estándar en vigencia a nivel nacional.

El Manual posee una forma particular de organización de la información y del texto que contiene, dentro de las siguientes categorías de encabezado:

- Estándar: Se establece una práctica relacionada con un requerimiento, mandato o prohibición concerniente a un dispositivo determinado.
- Sugerencia: Se formulan recomendaciones que no son de obligatorio cumplimiento para situaciones típicas. Se admiten modificaciones si los estudios de ingeniería lo justifican.

²¹ Llamadas originalmente señales de advertencia de peligro

²² Nombre en su versión original: *Manual on Uniform Traffic Control Devices*. En adelante se nombrará este documento de acuerdo a sus iniciales en inglés, MUTCD.

- Opción: Se formula una práctica como una condición de permisividad, sin ser una recomendación o un requisito. Pueden ser añadiduras a prácticas mencionadas como estándar o como sugerencia.
- Respaldo: Información adicional que no implica ningún tipo de condición reglamentaria, ni recomendación alguna, pero que respalda y justifica la imposición de una condición o la formulación de una recomendación determinada.

El MUTCD trata los siguientes contenidos: generalidades de las señales, señales (aquí incluye todos los dispositivos de señalización vertical), marcas, señales luminosas, dispositivos de control de tránsito para carreteras de volúmenes reducidos, dispositivos de control temporal del tránsito, control del tráfico para zonas escolares, cruces a nivel y ciclo rutas.

2.7 MANUAL CENTROAMERICANO DE DISPOSITIVOS UNIFORMES PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO

Cita este manual en su párrafo introductorio lo siguiente:

“El Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito es una adaptación ampliada y actualizada del Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito de Costa Rica de 1998. A su vez, el Manual de Costa Rica, es una traducción parcial ampliada y adaptada de las normas y recomendaciones de la versión 1988 del MUTCD de E.U.A.”

Su primera edición es del año 2000, incluyendo en su participación representantes de los países de Guatemala, Nicaragua, El Salvador, Costa Rica y Honduras. El Manual cuenta con los siguientes contenidos: disposiciones generales (dentro del cual trata los criterios técnicos básicos de la señalización), señales verticales, demarcación, semáforos, demarcación de islas, dispositivos de control temporal, control del tránsito en zonas escolares y en ciclo rutas.

Este manual cuenta con contenidos muy similares a los del MUTCD, que a su vez han sido adaptados a las condiciones de infraestructura, socioeconómicas, geográficas y culturales presentes en los países de Centroamérica, donde estas condiciones se pueden considerar bastante similares a las de Colombia.

3 CRITERIOS RELEVANTES PARA LA UTILIZACIÓN DE SEÑALES

En este capítulo, se dan a conocer aspectos del estado del arte en países seleccionados (de acuerdo con los documentos que se mencionan en el capítulo 2) que hacen mención específica de criterios que se deben considerar para instalar señales de tránsito de forma generalizada, incluyendo también algunos criterios del MSV, algunas experiencias y las metodologías existentes que se generan un impacto positivo en la accidentalidad vial en esos lugares, aunque no se hallen evidencias objetivas o cuantitativas de estos impactos.

En este capítulo, se presentan los aspectos generales que se tienen que considerar para la instalación de señales verticales y horizontales en general. Las señales tienen que cumplir con unos requerimientos mínimos de forma, diseño y ubicación para que cumplan plenamente la función para la que son colocadas en el trazado de una vía, con esto se maximiza la eficacia de las señales.

Para cada documento consultado se extraen los principales aspectos de su contenido, con el fin de comparar los criterios que cada uno establece para un aspecto determinado, y cuando sea pertinente compararlos con los criterios que establezca el Manual de Señalización colombiano. Dentro de los aspectos fundamentales que hay que considerar para un diseño de señalización están: mensaje, tamaño, ubicación, estudios previos de ingeniería, entre otros.

3.1 DEFINICIÓN Y FINALIDAD

Dice el MSV colombiano lo siguiente sobre la función de los dispositivos para la regulación del tránsito en general en su numeral 1.6.1:

“Es función de los dispositivos para la regulación del tránsito indicar a los usuarios las precauciones que debe tener en cuenta, las limitaciones que gobiernan el tramo de circulación y las informaciones estrictamente necesarias, dadas las condiciones específicas de la vía.”

El manual mexicano otorga la siguiente definición para las señales:

“Las señales son placas, fijadas en postes o estructuras, con símbolos, leyendas o ambas cosas, que tienen por objeto prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, determinadas restricciones o prohibiciones que limiten sus movimientos sobre

las vialidades, así como proporcionarles la información necesaria para facilitar sus desplazamientos.”

A este fin, añade el MUTCD que las señales de tránsito son dispositivos ubicados al costado o sobre una vía cualquiera, y que se utilizan para guiar, regular y controlar el flujo de tráfico y a los usuarios. Una señal de tránsito se instala para enviar un mensaje a todos los posibles usuarios de la vía, principalmente vehículos, motociclistas, ciclistas y peatones; para transmitir los mensajes se utilizan palabras y símbolos.

Por otro lado, la Norma española añade que la señalización vertical de las carreteras comprende un conjunto de elementos destinados a informar y ordenar la circulación por las mismas. Una señal se compone por los símbolos o leyendas, la superficie sobre la que están inscritos y los dispositivos de sustentación (postes, muros, pórticos, entre otros).

Estos dispositivos y su uso en combinación, transmiten el mensaje y generan cambios en el entorno donde se instalan. Esos cambios se consideran necesarios ya que un diseño de señalización vial persigue tres objetivos básicos: aumentar la **seguridad**, la **eficiencia** y la **comodidad** de la circulación.

3.2 FUNDAMENTOS DE LOS DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO

A continuación se muestran los fundamentos y bases conceptuales que suministran los manuales estudiados. Se hace una recopilación de criterios sobre los requisitos básicos que tienen que cumplir las señales para que sean efectivas.

El MSV colombiano menciona dentro de su numeral 1.6 sobre generalidades, que las señales deben ser de fácil interpretación, suministrando a los conductores y peatones los mensajes claves, sin ambigüedades. Resalta la importancia de su visibilidad, que su uso y ubicación deben ser de una forma que facilite la rápida comprensión del mensaje y su acatamiento, y la importancia de que permanezcan siempre limpias, legibles y correctamente posicionadas. Dentro de los requisitos que deben cumplir las señales, menciona el MSV en su numeral 2.1.4 el buen estado y conservación, su visibilidad y su colocación adecuada siguiendo unos criterios de altura, ubicación lateral y longitudinal.

El Manual del Estado de Baja California (México) menciona que un dispositivo de control, para ser efectivo, debe reunir los siguientes requisitos básicos:

- Proporcionar seguridad.
- Llamar la atención del usuario.
- Transmitir un mensaje sencillo y claro.

- Imponer respeto a los usuarios de la vía pública.
- Estar ubicados de tal modo que permitan al usuario recibir el mensaje y contar con el tiempo adecuado, para tener una reacción apropiada y tomar una decisión oportuna.

Se considera la **uniformidad** de las señales como uno de sus requisitos fundamentales; entre otras cosas, menciona este manual que antes de inaugurar y poner en servicio de una vía de todo tipo se colocarán todas las señales necesarias, donde su ubicación en un determinado lugar puede justificarse o no según el tiempo, en función de la existencia o carencia de la condición o restricción pertinente. Las condiciones idénticas siempre deberán marcarse con el mismo tipo de señal, sin tomar en cuenta en donde ocurran esas condiciones particulares. Por otro lado, las indicaciones dadas en los diferentes manuales no sustituyen de ninguna manera el juicio de un experto ni las indicaciones obtenidas de un estudio de tránsito, respecto a los lugares en los que sea pertinente ubicar las distintas señales.

De acuerdo al Manual de señalización de Chile, toda señal de tránsito debe satisfacer los siguientes requisitos mínimos para cumplir integralmente su objetivo:

- Debe responder a una necesidad específica
- Debe ser visible y llamar la atención por medio de su tamaño, contraste, colores, forma, composición y reflectividad e iluminación, de forma que se aprecien de igual manera durante el día, la noche y en períodos de visibilidad limitada.
- Debe ser legible y fácil de entender transmitiendo un mensaje claro, sencillo e inequívoco.
- Debe dar al usuario un tiempo de reacción suficiente para que ejecute la maniobra que de él se espera, por medio de su ubicación, legibilidad y tamaño.
- Debe infundir respeto: La señalización limpia, legible, visible, en buen estado y pertinente inspira respeto en los conductores y peatones.
- Debe ser creíble: El tamaño, forma y mensaje deben ser coherentes con la situación que se señala.

Por su parte, el MUTCD considera cinco aspectos básicos que garantizan el cumplimiento de los requisitos que se buscan satisfacer mediante la señalización vial: diseño, ubicación, operación, mantenimiento y uniformidad.

Para el diseño, se tienen en cuenta las siguientes variables (Tabla 15):

Tabla 15. Aspectos básicos de los diseños de señalización contemplados en el MUTCD

Variables	Aspecto o requisito que favorecen
Tamaño, forma, color y simplicidad del mensaje	Comprensión de la señal
Legibilidad y tamaño	Tiempo adecuado para la reacción
Uniformidad, tamaño, legibilidad y coherencia	Respeto a la señal

Fuente: Elaboración propia, con base en información del MUTCD

Respecto al diseño, las señales tienen que ser legibles y entendibles, para asegurar un tiempo adecuado de respuesta. Para ello las señales tienen que poseer alta visibilidad de día y de noche y ser altamente legibles (con letras y símbolos del tamaño adecuado y un mensaje corto para que sea de rápida y fácil comprensión); la simplicidad en el diseño, posición y aplicación son recaladas en este manual.

Respecto a la uniformidad de las señales, plantea el MUTCD que la uniformidad de las señales facilita al conductor el reconocimiento y comprensión, y por tanto se reduce el tiempo de percepción y reacción del usuario. Además, todo ello conlleva de forma automática una única interpretación por parte de cualquier actor del tránsito, sea conductor, policía o un juez en determinado proceso judicial. El uso de dispositivos uniformes involucra de la misma manera eficiencia en su fabricación y mantenimiento. Además, la uniformidad y ubicación apropiada de un dispositivo se encuentran estrechamente ligadas; sin ubicación apropiada de las señales no se puede hablar de uniformidad en la señalización. Las faltas a estos requisitos mencionados anteriormente conducen de forma inmediata al irrespeto de las señales.

La Norma 8.1-IC de España expresa que los principios básicos de la buena señalización son la **claridad** (no exceder lo que la atención del conductor puede captar e imponer las menores restricciones posibles a la circulación), la **sencillez** (número mínimo posible de elementos) y la **uniformidad** (no emplear dispositivos diferentes a los especificados).

Afirma el Manual de Señalización de Gran Bretaña al respecto, que contar con señales claras y eficientes es una parte esencial de la ingeniería de tránsito aplicable a cualquier proyecto; ya que los usuarios las requieren para orientarse y

conocer información útil y las autoridades viales las requieren para la eficiencia de su labor y para hacer cumplir las leyes de tránsito con mucha mayor efectividad, y como un apoyo fundamental para la seguridad vial.

La uniformidad en las señales debe incluir una uniformidad no sólo en su diseño sino en su utilización; ejemplo de ello es el hecho de ubicar señales preventivas a diferentes distancias de los peligros que pretenden advertir. Se considera que una señal cumple correctamente su función cuando transmite su mensaje de forma clara a un usuario que viaja a una velocidad normal para el tipo de vía. Para lograrlo, una señal debe poseer una distancia de legibilidad adecuada, ubicación apropiada, simplicidad en su contenido y aspecto y una iluminación o reflectividad que sean efectivas para garantizar su visibilidad en todo momento.

También se recomienda en este orden de ideas, limitar el número y tipo de señales que se colocan en las vías, ya que ello ayuda en su rápido reconocimiento, mediante la uniformidad en forma, color y mensajes de texto; garantizando además que el diseño y la instalación de la señalización no puedan ser extremadamente caros.

3.3 INTENCIÓN COMUNICATIVA DE LAS SEÑALES

Bien sea que se recurra a un mensaje de texto, o a un pictograma u otro símbolo gráfico, el mensaje que se coloca en el tablero de una señal debe cumplir con unas especificaciones mínimas si se quiere que el mensaje sea transmitido adecuadamente y sea totalmente captado por los usuarios de la vía.

Plantea el Manual de Señalización de Chile en su numeral 1.6.6 que a nivel internacional existe la tendencia a preferir señales con mensajes simbólicos en lugar de escritos, ya que el **uso de símbolos** facilita una más rápida comprensión del mensaje, contribuyendo así a una mayor seguridad del tránsito.

En su numeral 2.3.1, sobre el mensaje se menciona que al instalar una señal cuyo símbolo resulte nuevo en un área, comuna o región, se recomienda agregar una placa educativa, inmediatamente bajo la señal, que exprese en un texto lo que representa la simbología, la cual puede ser usada por un período máximo de tres años a partir de la instalación de la nueva señal; por otro lado, las señales no se usan comúnmente para confirmar las reglas de circulación que ya sean conocidas.

Plantea el Manual Centroamericano al respecto al uso de símbolos, que es preferible un uso más amplio de los símbolos sobre las palabras, como un paso adelante hacia una mayor seguridad vial, una mayor facilitación de la circulación

del tránsito y una mejor comprensión de parte de los turistas y visitantes cuya lengua materna no es el castellano. Además, esta política permite acercarse más al señalamiento de la Convención Europea, como parte de un proceso paulatino de integración de ambas convenciones internacionales (Norteamericana y europea).

Al igual que en el manual chileno, el centroamericano plantea en este Manual que las nuevas señales de reglamentación o prevención o las que no sean familiares, deberán ser acompañadas por una placa explicatoria o una señal de texto redundante, la cual permanecerá colocada por lo menos por 3 años después de instalada la nueva señal. De cualquier manera, no vale la pena invertir recursos en remover las placas o señales redundantes, desde que éstas conserven su buen estado.

Los **mensajes escritos** deberán ser tan **breves** como sea posible para así mantener al mínimo el tiempo en el cual el conductor mantiene su vista fuera o encima del camino, y las letras deberán ser lo suficientemente grandes para garantizar la distancia de legibilidad de los textos. Es recomendable igualmente el uso mínimo de abreviaturas y que éstas sean sólo las de uso más común, así como sinónimos de corta longitud, y la utilización de mensajes de texto en las señales de 2 líneas o 3 como máximo (ver Figura 14), ya que para leer mensajes de mayor extensión sería necesario detener el vehículo reducir su velocidad, situación indeseable para la comodidad del usuario y la seguridad vial.

El MSV colombiano plantea en su numeral 1.6.3 sobre el uso de las señales, que ninguna señal o dispositivo para la regulación del tránsito podrá ir acompañado de mensajes publicitarios, que le restan efectividad a la señal, volviéndose elementos distractores y que pueden causar accidentes.

Para el caso de las señales informativas de destino el manual centroamericano recomienda no usar más de tres (3) destinos por señal; y en el caso de señales elevadas o en autopistas, lo máximo a utilizar serán dos destinos por señal. En el caso que sea inevitable el uso de mensajes largos, el mismo se debe separar en dos partes de mensajes, como máximo en 3 partes.

Figura 14. Ejemplo de uso de mensajes de texto en una señal



Fuente: Manual de Señalización Vial, Colombia.

En cuanto a la intención comunicativa de la señalización, el Manual Británico plantea los siguientes requisitos que tiene que cumplir el mensaje que se transmite en las señales:

- Debe ser transmitido en forma clara
- Debe ser transmitido en el momento correcto: No tan pronto para que el usuario olvide su mensaje antes del momento requerido, y no tan tarde de forma que no se puedan ejecutar las maniobras requeridas con seguridad.
- No puede ser ambiguo
- Debe ser comprendido rápidamente

Para el cumplimiento de los requisitos anteriormente mencionados, la **legibilidad** de las señales es de suprema importancia; depende del tamaño y tipo de las letras, y el contraste en los colores del tablero. La efectividad del mensaje depende además de la combinación de color y tamaño de la señal; una señal de tamaño grande tendrá una efectividad mayor independientemente de su color, señales más pequeñas ubicadas en áreas urbanas deberán ser ubicadas de tal forma que el entorno no reste importancia de ninguna forma a la señal.

Para lograr simplicidad en el mensaje, se utilizan representaciones ideográficas que hacen más efectivo el mensaje de la señal. Los mensajes escritos deberán utilizar el menor número de palabras posible. Cabe mencionar que el simbolismo abstracto no ayuda a la comprensión de los símbolos porque su significado debe ser aprendido y memorizado.

3.4 CRITERIOS GENERALES PARA DIFERENCIAR Y DETERMINAR EL TAMAÑO DE LAS SEÑALES

Como se ha tratado en capítulos anteriores, el tamaño es una de las características de las señales que las hacen visibles y legibles ante los usuarios. Se cita a continuación la forma en que los diferentes textos consultados establecen el tamaño de las señales que se tienen que utilizar.²³ Se hace énfasis en que se mencionarán sólo los criterios que se utilizan para escoger un tamaño que ya se encuentra determinado por cada autoridad nacional correspondiente, no para diseñar el tamaño que una señal debería tener.

El MSV colombiano contempla cuatro diferentes tamaños para el tamaño de las señales, en función del ancho de corona de la vía. Para los anchos de corona, se consideran los siguientes casos, y se enumeran en orden ascendente de tamaños sugeridos para las señales:

- Vías urbanas principales o de menor jerarquía y carreteras con ancho de corona menor de 6 m.
- Vías urbanas de jerarquía superior a las principales y carreteras con ancho de corona entre 6 y 9 m.
- Autopistas y carreteras con ancho de corona entre 9 y 12 m.
- Carreteras con cuatro o más carriles con o sin separador.

El Manual de Señalización de Chile establece que el tamaño a escoger para las señales es función de la velocidad máxima permitida en la vía, ya que ésta determina las distancias mínimas a la que la señal debe ser vista y leída. Las dimensiones mínimas de cada señal reglamentaria y de advertencia de peligro, se definen según los siguientes cuatro grupos de velocidades máximas: a) Menor o igual a 50 km/h, b) 60 ó 70 km/h, c) 80 ó 90 km/h y d) mayor a 90 km/h.

No obstante lo anterior, también menciona el mismo manual que cuando se requiera mejorar la visibilidad de una señal, tales dimensiones mínimas pueden ser aumentadas, siempre que se mantenga la proporcionalidad entre todos sus elementos.

²³ Para consultar el tamaño de las señales que se utilizan en Colombia, ver la tabla 2.2 del MSV de Colombia.

La Norma 8.1-IC de España menciona por su lado, que las señales tendrán un tamaño de acuerdo al tipo de carretera en la cual se ubiquen, considerando 3 posibilidades: a) Carretera convencional sin berma, b) Carretera convencional con berma y c) Autopista o vía rápida. Menciona además la norma que se podrán ubicar señales de otros tamaños diferentes a los recomendados con previa justificación, de acuerdo a las características de circulación y sobre todo de la velocidad. Añade también al respecto, que las señales que no requieran ser vistas desde un vehículo en movimiento, podrán eventualmente tener menores dimensiones.

El Manual británico considera que el tamaño de las señales debe ser en función de la velocidad de aproximación a éstas; asumiendo que se requiere un tiempo largo para comprender un mensaje en su totalidad, entre mayor sea la velocidad de aproximación a un punto determinado, la lectura de la señal debe ser con mayor antelación, y un mayor tamaño de la señal facilitará enormemente su lectura. En las señales informativas (de orientación principalmente) se debe prestar especial atención al tamaño de las letras, y en otro tipo de señales que recurren a símbolos, el tamaño del símbolo debe ser proporcional a la velocidad de aproximación del tráfico.

Además, el tamaño que se escoja para las señales tiene un fuerte impacto en el costo de la señalización de una vía; así, siempre se buscará escoger el tamaño mínimo que garantice las condiciones de seguridad necesarias, es por ello que las señales se diseñan para que tengan la visibilidad adecuada sin malgastar espacio.

Como observación adicional, vale la pena resaltar que el Manual británico es el único de los textos consultados que considera y menciona de forma explícita la economía en los costos y el uso racional de los recursos físicos y de espacio disponibles, como un factor importante a tener en cuenta para todo diseño de señalización vial.

A modo de ejemplificación de lo que se expone en este numeral, en la Tabla 16 se muestran los tamaños indicados por varios manuales para una señal estándar, en este caso se escoge la de “Límite de velocidad”, por ser de uso y entendimiento universal en cualquier país y bajo cualquier sistema de señalización.

Tabla 16. Diámetros utilizados (en mm) para las señales de “Límite de velocidad” en diferentes manuales

Manual	Diámetros utilizados (en mm)
Centroamérica	360, 464, 696
Chile	500, 600, 800, 1000
Colombia	600, 750, 900, 1200
España	600, 900, 1200
Reino Unido	300, 450, 600, 750, 900, 1200, 1500

Fuente: Elaboración propia

Sobre la Tabla 16 es de resaltar lo siguiente:

En cada manual, el criterio inmediato para seleccionar el tamaño de la señal de Límite de velocidad depende de criterios diferentes entre sí; por ejemplo, mientras en Chile se hace por el límite de velocidad en la vía, en España así como en Colombia se hace según el tipo de vía en donde éstas se ubiquen.

En el Manual Centroamericano la señal reglamentaria de límite de velocidad y sus diferentes variantes (ver numeral 10.9 del documento) viene inscrita en una placa rectangular.

En el Reino Unido, el tamaño de las señales de Límite de velocidad viene dado en función del límite de velocidad mismo, el tipo de vía y su ubicación en ella (sentido, ancho de calzada, número de calzadas y control de accesos, intersecciones) y usos alternativos (ejemplo: las „señales repetidoras”²⁴ usan los menores tamaños, y para señalización en obra se usan los mayores tamaños, entre otros).

Como se observa en la Tabla 16, el tamaño de las señales en Colombia se encuentra algo por encima de los estándares que se manejan en América Latina, y se halla contenido en los rangos de tamaño que se manejan en países Europeos, lo que se considera adecuado.

²⁴ En el Manual Británico se hace referencia al concepto de ‘señales repetidoras’ de límites de velocidad, bajo la premisa que para reiterar el mensaje de una señal específica en el tramo donde ésta aplique, se pueden ubicar las mismas señales en sitios posteriores con tamaños menores al de la señal inicial.

3.5 CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LAS SEÑALES

El Manual del Estado de Baja California (México), considera en esencia los mismos 3 tipos de clasificación funcional para las señales de tránsito que se consideran en el MSV colombiano: Restrictivas (reglamentarias), preventivas e informativas.

Este manual clasifica las señales “restrictivas” en los siguientes siete grupos: Derecho de paso, velocidad, inspección, movimientos, mandatos (prohibiciones), estacionamiento y serie para peatones. Las señales informativas se clasifican a su vez, en señales de identificación, de destino (bajas o elevadas y de preaviso, decisivas y confirmativas), de recomendación, de información general, de servicios y turísticas. Además, de acuerdo a su ubicación se clasifican en urbanas y regionales. Las vías sobre las que se ubican las señales pueden ser primaria con accesos controlados, primaria, secundaria, terciaria y otras vías. El tamaño y tipo de señales a instalar dependerá del tipo de vía que se requiera señalizar.

El Manual canadiense considera los siguientes cinco grupos de señales: reglamentarias (sub-clasificadas a su vez en reglamentarias y señales de estacionamiento y parada), preventivas, informativas (sub-clasificadas en señales de orientación y señalización sobre lugares de interés), señales para zonas escolares / peatonales y la señalización temporal, dentro de la que se contempla la señalización preventiva temporal (presencia de condiciones adversas e imprevistas sobre la vía) y la señalización de obras.

El Manual chileno otorga la siguiente subclasificación a las señales, dentro de la misma clasificación que maneja el MSV colombiano:

- Reglamentarias: de prioridad, de prohibición, restricción, obligación y autorización.
- Advertencia de peligro (preventivas): advertencia sobre características geométricas de la vía, sobre restricciones físicas, de intersecciones con otras vías, de características operativas de la vía y situaciones especiales.
- Informativas: de guía al destino, y otra información de interés.

El MUTCD considera la siguiente clasificación funcional para las señales de tránsito: señales reglamentarias, preventivas, informativas en carretera, informativas en autopistas, de servicios específicos, turísticas, de lugares de interés y señales para emergencia. La jerarquía vial que el MUTCD maneja es la siguiente: autopista (control total de accesos), autovía (control parcial de acceso),

carretera convencional y carreteras de propósito especial (accesos locales, bajos volúmenes y velocidades de circulación).

La clasificación que reciben las señales bajo la Norma 8.1-IC de España, se encuentra muy cercana en casi todos los aspectos al estándar de las señales europeas, destacadas por su riqueza en símbolos y su escasez de mensajes de texto en las señales. A su vez, en España se manejan señales que no tienen alguna señal equivalente en el MSV Colombiano (ver desde la Figura 15 hasta la Figura 26). Según el Catálogo Oficial de Señales de Circulación y atendiendo a su funcionalidad, las señales y carteles se clasifican en:

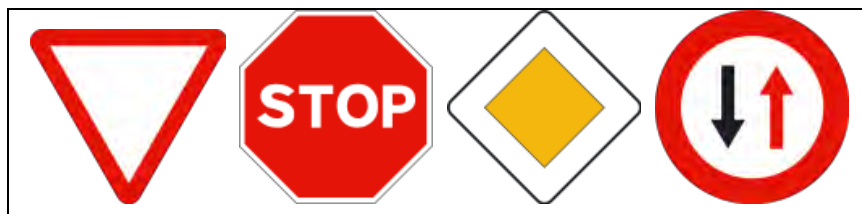
- Señales de advertencia de peligro, cuya forma es generalmente triangular. Se designan por la letra «P» seguida de un número comprendido entre el 1 y 99. (Ver Figura 15)
- Señales de reglamentación, cuya forma es generalmente circular. Se designan por la letra «R» seguida de un número, y a su vez se clasifican en: a) señales de prioridad (ver Figura 16), b) de prohibición de entrada (ver Figura 17), c) de restricción de paso (ver Figura 18), d) otras de prohibición o restricción (ver Figura 19), e) de obligación (ver Figura 20) y f) de fin de prohibición o restricción (ver Figura 21).
- Señales o carteles de indicación, cuya forma es generalmente rectangular. Se designan por la letra «S» seguida de un número, y a su vez se clasifican en: a) de indicaciones generales (ver Figura 22), b) Relativas a carriles (ver Figura 23), c) de servicios (ver Figura 24), d) de orientación, que a su vez se encuentran subdivididas en: d1) señales de pre señalización (ver Figura 25), d2) de dirección (ver Figura 26), d3) de localización, d4) de confirmación, y d5) de uso específico en zona urbana; e) otras señales (por ejemplo la entrada al país se señala con el logo de la Unión Europea) y paneles complementarios, generalmente de forma rectangular y menores dimensiones que la señal o cartel a que acompañan.

Figura 15. Algunas señales de advertencia de peligro de acuerdo con la Norma Española 8.1-IC



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Algunas señales de prioridad de acuerdo con la Norma Española 8.1-IC



Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Algunas señales de prohibición de entrada de acuerdo con la Norma Española 8.1-IC



Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Algunas señales de restricción de paso de acuerdo con la Norma Española 8.1-IC



Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Otras señales de prohibición o restricción de acuerdo con la Norma Española 8.1-IC



Fuente: Elaboración propia

Figura 20 Algunas señales de obligación de acuerdo con la Norma Española 8.1-IC



Fuente: Norma 8.1-IC

Figura 21 Señales de fin de prohibición o restricción de acuerdo con la Norma Española 8.1-IC



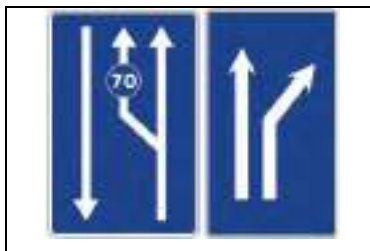
Fuente: Norma 8.1-IC de España

Figura 22 Señales de indicaciones generales de acuerdo con la Norma Española 8.1-IC



Fuente: Elaboración propia

Figura 23 Señales de indicación de carriles de acuerdo con la Norma Española 8.1-IC



Fuente: Elaboración propia

Figura 24 Señales de indicación de servicios de acuerdo con la Norma Española 8.1-IC



Fuente: Elaboración propia

Figura 25 Carteles de pre señalización de acuerdo con la Norma Española 8.1-IC



Fuente: Elaboración propia

Figura 26 Señales de dirección de acuerdo con la Norma Española 8.1-IC



Fuente: Norma 8.1-IC de España

El Manual centroamericano considera las siguientes sub-clasificaciones para los mismos grupos básicos de señales: preventivas, reglamentarias e informativas. Para las señales reglamentarias, considera los siguientes grupos:

- Derechos y prioridad de Paso (R-1-1 a R-1-8)
- Límites de Velocidad (R-2-1 a R-2-12)
- Restricción de Giros y Maniobras (R-3-1a a R-3-19)
- Serie para Intersecciones con Semáforos (R-4-1 a R-4-8)
- Serie para Carriles Reversibles (R-5-1 a R-5-9)
- Dirección de Circulación (R-6-1 a R-6-9)
- Exclusión de Flujos (R-7-1 a R-7-23)
- Estacionamiento (R-8-1 a R-8-31)
- Vías Exclusivas (R-9-1 a R-9-14)
- Transporte Público (R-10-1 a R-10-10)
- Peatones y Cruces protegidos (R-11-1a a R-11-18)
- Restricciones de Dimensiones, Peso y Tipo de Carga (R-12-1 a R-12-5)
- Otras Restricciones al Conducir (R-13-1 a R-13-8)
- Inspección Oficial y Peajes (R-14-1 a R-14-6)
- Camino Cerrado y Sentido Obligatorio (R-15-1 a R-15-15)
- Confirmación de las Reglas de Conducción (R-16-1 a R-16-6)

El mismo manual clasifica las señales informativas en señales de identificación, destino, información de servicios y turísticas, parques nacionales, defensa civil y emergencias e información general.

3.6 CRITERIOS GENERALES PARA LA LOCALIZACIÓN DE SEÑALES

En cuanto a los criterios generales de localización de señales verticales, menciona el Manual canadiense que lograr criterios uniformes estandarizados en cuanto a la ubicación de las señales es un objetivo deseable, pero no siempre será posible, debido a que las señales se tienen que adaptar al entorno, dado por las características de diseño de la vía, las condiciones ambientales y el posicionamiento de otras señales; es por esto que para ubicar las señales este manual recomienda tener en cuenta los siguientes criterios mínimos:

- Todas las señales tienen que localizarse dentro del campo de visión del conductor
- Un conductor viajando en el límite de velocidad debe tener suficiente tiempo para visualizar la señal y reaccionar adecuadamente.
- Las señales que sean instaladas no pueden obstaculizar la vista del tráfico que entra o sale de una vía

Añade el Manual del Estado de Baja California, que las señales deberán localizarse para optimizar la visibilidad nocturna que poseen y para minimizar los efectos del lodo salpicado y de acuerdo con factores de seguridad relacionados con obstáculos fijos cerca de la vialidad. Las señales deben colocarse de tal manera, que no obstruyan su visibilidad unas a otras o que estén ocultas por otros objetos del camino.

El MUTCD menciona que las señales de tránsito se ubicarán donde lo justifiquen los hechos y los estudios de ingeniería; es decir, se ubicarán a medida que resulten necesarias para la seguridad y el adecuado control del tránsito. Señales de tránsito colocadas injustificadamente resultan inefectivas, distraen a los usuarios, restan importancia a otras señales que verdaderamente la posean, lo que a su vez trae como consecuencia el irrespeto general de todas las señales de tránsito en una región determinada; malgasto de los recursos públicos y los aportes de los contribuyentes; por todo lo anterior, su instalación en un número excesivo las hace poco efectivas.

El significado de la señal adquiere valor en la medida en que se ubique de forma adecuada respecto al objeto o la situación para la cual sea pertinente. Es por esto que se recomienda que las señales preventivas y reglamentarias no deben usarse en exceso, porque pierden su efectividad. El MUTCD recomienda de igual forma que las señales informativas de ruta sean utilizadas con cierta frecuencia, porque promueven el uso eficiente y seguro de una vía al mantener a los usuarios de la

vía siempre informados sobre su ubicación, de esta forma evitando que los usuarios hagan maniobras inusuales o peligrosas para el tráfico al sentirse desorientados; para este fin recomienda que las señales de tránsito sobre una vía sean ubicadas en una forma tal que:

- Queden fuera de la zona de despeje lateral de la vía. De no ser así, su poste será quebradizo o fácilmente deformable.
- Su visibilidad sea la máxima posible de noche.
- Minimice los efectos de salpicaduras de barro y otros sólidos que pudieran adherirse sobre su superficie
- No se opaquen unas a otras o queden ocultas a la vista bajo ninguna circunstancia.

El continuo incremento de los volúmenes de tránsito hace que la demanda de señalización aumente, por lo tanto se debe establecer un orden de prioridades en este aspecto, el cual se vuelve indispensable donde el espacio sea reducido y exista la necesidad de instalar muchas clases de señales. Para esto, se tendrán en cuenta las siguientes premisas: 1) NO se saturará de información al usuario mediante señalización densa, y 2) La señalización reglamentaria y preventiva tiene prioridad sobre la informativa. A medida que el riesgo o prohibición pierda relevancia, se puede indicar en otra ubicación u omitirse, de no haber más opción.

El Manual británico menciona de forma particular la distancia a la que una señal debería ser legible dada una velocidad de marcha determinada, teniendo en cuenta aspectos como la distancia lateral entre la señal y el borde de la calzada, y el tiempo necesario para leer y comprender el mensaje; menciona que los conductores no deben desviar sus ojos más de 10 grados con respecto al eje de la calzada, para no perder visibilidad sobre ella, y que el mensaje debe ser totalmente comprendido antes de que un vehículo alcance el punto en el cual el ángulo de observación excede este ángulo.

3.6.1 UBICACIÓN LATERAL DE SEÑALES VERTICALES

El manual canadiense menciona que, por criterio y norma general las señales de tránsito se ubican al lado derecho de la vía, que es donde los conductores están acostumbrados a verlas; sin embargo, bajo determinadas circunstancias, como la presencia de isletas o en algunos casos, ante una baja visibilidad de una señal determinada, se recomienda el suplemento de la misma con una segunda señal

ubicada en el costado izquierdo de la vía (lo anterior también aplica para calzadas que se encuentran divididas, o vías de sentido único con dos o más carriles).

Como excepciones a este criterio se mencionan dentro del manual canadiense el Delineador de curva horizontal²⁵ (ubicada en el borde exterior de toda curva pronunciada) y el Delineador de obstáculos²⁶ (ver Figura 27), que puede instalarse en cualquier momento si existen obstrucciones en algún borde de la calzada. Dicho manual también establece que si la carretera posee una berma, las señales verticales se pueden ubicar entre 1,8 y 4,5 m, preferiblemente a 3 m del borde de la carretera.

Figura 27 Delineador de curva horizontal y delineador de obstáculos



Fuente: Elaboración propia

Las señales no se deberían colocar a menos de 0,6 m de distancia lateral a la superficie de una barrera de contención lateral o un sardinel, o del borde externo de la berma; una excepción la constituyen las señales de “Pare”, por contar con una distancia de despeje y visibilidad lateral limitadas. En una carretera que dispone de zanja lateral y cuneta, un despeje mínimo de 0,3 m es admisible entre el sardinel o el borde de la cuneta y el borde de la señal.

En secciones transversales de vías donde se ha definido un área de despeje lateral, el manual canadiense recomienda que las bases de las señales se deben hallar por fuera de esta área en la medida de lo posible, o bien contar con materiales y diseños a prueba de colisiones (materiales quebradizos), o hallarse

²⁵ Esta señal recibe el nombre de *Chevron Sign (W-62)* en el Manual Canadiense, y está incluida dentro de las señales preventivas que el mismo enumera.

²⁶ Esta señal recibe el nombre de *Object Marker (W-54)* en el Manual Canadiense, y está de igual forma incluida dentro de las señales preventivas que el mismo enumera

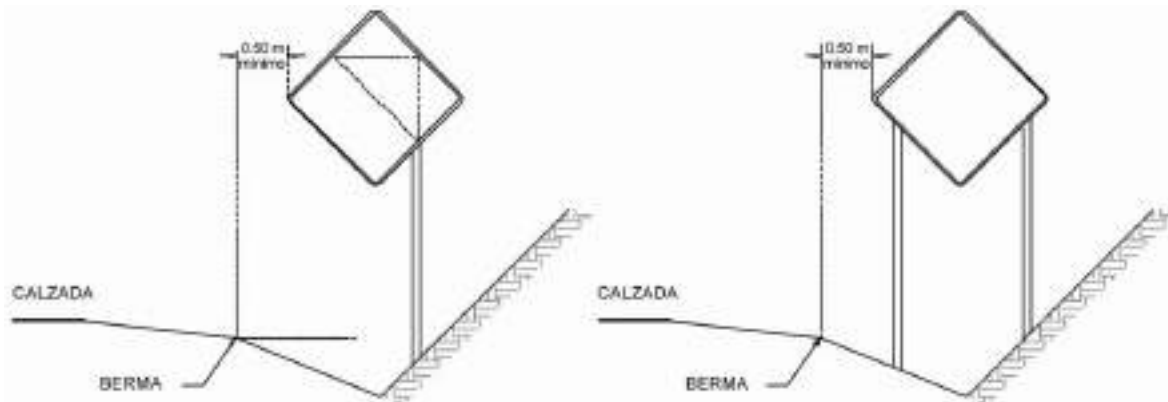
protegidas por una barrera de contención de impacto; primando la posición óptima que una señal puede tener. Una señal no debería ser retirada de su posición óptima para satisfacer los requisitos antes mencionados.

El Manual del Estado de Baja California (México) sugiere los siguientes casos en los que puede variar la ubicación de una señal que normalmente se ubicaría al lado derecho de la vía:

- En las autopistas, o en donde es deseable ejercer un cierto control en el uso de un carril o en donde no se cuenta con espacio en el lado derecho del camino o calle, será necesario colocar las señales a cierta altura, sobre los carriles de circulación; y se utilizarán señales elevadas.
- En medio de las isletas se instalarán las señales al costado izquierdo de un carril o una calzada; y si hay curvas pronunciadas hacia la derecha, o si en una vía de varios carriles el tránsito obstruye la visibilidad a la derecha, se ubicará en el costado izquierdo una señal suplementaria.

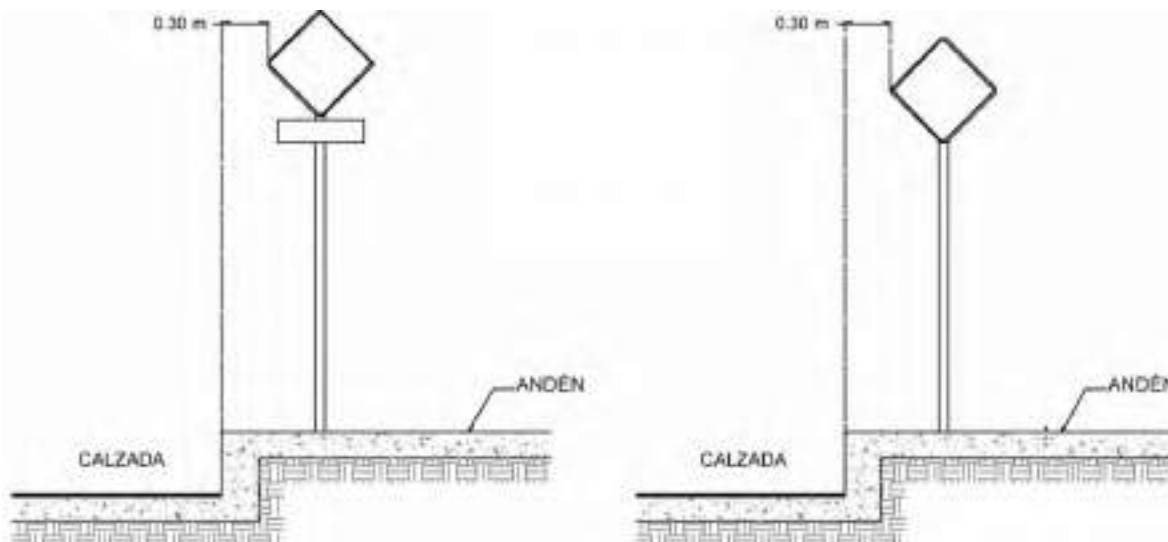
El Manual Mexicano recomienda establecer una separación mínima de 30 cm entre la orilla interior de la señal y la proyección vertical del borde de la vía en zonas suburbanas, y de 50 cm en zonas rurales, como se observa en la Figura 28 y en la Figura 29; añade el mismo que en ningún caso la ubicación de una señal podrá obstruir o entorpecer el funcionamiento hidráulico de una cuneta.

Figura 28 Ubicación lateral de una señal en una vía con talud y cuneta



Fuente: Elaboración propia. Adaptación hecha del Manual de Baja California, México.

Figura 29 Ubicación lateral de una señal sobre andén



Fuente: Elaboración propia. Adaptación hecha del Manual de Baja California, México.

El manual chileno establece que para que las señales puedan ser percibidas por los conductores es preciso que éstas se ubiquen dentro de su cono de atención, esto es, dentro de 10° respecto de su eje visual, evitando instalarlas alejadas de la calzada, demasiado elevadas o muy bajo respecto del nivel de ésta (ver Tabla 17). Se instalará una señal idéntica al lado izquierdo de la vía si hay movimientos vehiculares complejos en la corriente del tránsito, si hay más de dos carriles de circulación en una calzada de sentido único y en zonas de prohibido adelantar.

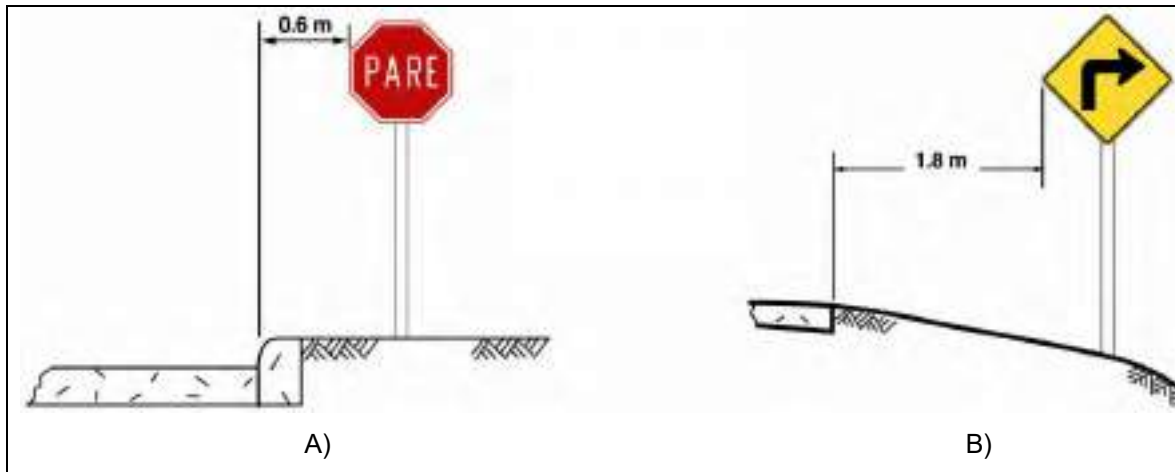
Tabla 17. Distancias mínimas de separación lateral recomendadas por el manual chileno

Tipo de vía	Separación (en m)
Autopistas	3
Vía rural, $V_{\max} > 90$ km/h	2
Vía rural, $V_{\max} < 80$ km/h	1,5
Vía urbana con andén	0,30
Vía urbana sin andén	1,5

Fuente: Manual de Señalización Vial de Chile

El MUTCD recomienda para vías rurales, que haya 1,8 m de separación entre la proyección vertical del borde de vía y el borde izquierdo de la señal, y que se reduzca la distancia lateral a 0,6 m en vías urbanas, zonas residenciales o comerciales, como se muestra en la Figura 30.

Figura 30 Distancias mínimas para la ubicación lateral de una señal, en zona urbana (A) y en carretera en zona rural (B)



Fuente: Elaboración propia

Las señales deben tener una barrera de contención o un amortiguador de impacto que proteja la estructura de la señal, en caso de hallarse dentro de la zona de despeje lateral, o en su defecto contar con postes de materiales quebradizos o fácilmente deformables.

Para señales montadas sobre postes, la separación lateral mínima debería ser de 3,7 m desde el borde de la calzada, o a una distancia mínima de 1,8 m del borde de la berma si existe una berma con amplitud mayor a 1,8 m. Esta distancia lateral evitará que haya algún contacto entre las señales y los vehículos que puedan hacer uso de la berma.

Las señales deberían ser ubicadas tan lejos como sea posible de las calzadas, aprovechando además, de ser posible, elementos existentes a los costados de la vía para su ubicación y protección (postes semafóricos, de iluminación o de servicios, barreras), de forma que su exposición ante los peligros que puede representar el tráfico sea mínima.

La Norma española establece que las señales y carteles laterales (en una autopista) se colocarán de forma que su borde más próximo diste al menos 3 m del borde exterior de la calzada, y 0,7 m del borde exterior de la berma, como se observa en la figura a continuación. Para la ubicación lateral de las señales en carretera, la norma española sugiere medidas que se muestran en la Tabla 18, a continuación:

Tabla 18. Recomendación para la ubicación lateral de las señales dada por la Norma española 8.1-IC

	Separación entre borde de calzada y borde lateral de señal	Separación entre borde de pavimento y borde lateral de señal
Autopista	3 m	0,7 m
Carretera convencional, berma de ancho mayor a 1,5 m	2,5 m	0,5 m
Carretera convencional, berma de ancho menor a 1,5 m	1 m (1,5 recomendable)	0,5 m

Fuente: Elaboración propia, con base en recomendaciones de la norma 8.1-IC

Las señales se colocarán en el margen derecho de la plataforma, e incluso en el margen izquierdo, si el tráfico pudiera obstruir la visibilidad de las que están situadas a la derecha. Se duplicarán siempre en el margen izquierdo las señales de Prohibido adelantar, Paso a nivel y los Delineadores (ver Figura 31).

Figura 31 Señales a ubicar siempre en ambos costados de la calzada



Fuente: Elaboración propia

El Manual centroamericano en general sugiere las mismas recomendaciones de espacio dadas por el MUTCD, añadiendo lo siguiente: cuando el espacio es reducido en zona urbana las señales deberán colocarse a una distancia de no menos 0.30 metros; en el caso de señales elevadas con soporte liviano la distancia de despeje lateral para la circulación de los peatones deberá ser como mínimo de 1.40 m, como se muestra en la Figura 32.

Figura 32 Ubicación lateral de señales verticales en espacio urbano



Fuente: Elaboración propia.

En vías rápidas en las que se utilizan señales laterales y cuando sea práctico, recomienda el manual centroamericano que esta distancia sea de 3 m desde el borde lateral de la señal hasta el borde del carril más cercano; en cuanto a la utilización de señales elevadas, menciona que hay que considerar la distancia de separación del poste respecto al borde de calzada (Figura 33). Como son estructuras de un diámetro significativo, pueden reducir el espacio de las zonas peatonales en áreas urbanas o ser un obstáculo tremendamente peligroso cuando se ubican al costado de autopistas.

Figura 33 Ubicación lateral para una señal elevada tipo bandera



Fuente: Elaboración propia

En autopistas ubicadas en zona rural que poseen señales elevadas, la distancia de despeje lateral debería ser de 5 m desde el carril más cercano hasta la estructura de soporte. Las estructuras de soporte tienen que ser protegidas con barreras de contención lateral, amortiguadores de impacto o algún otro tipo de protección adecuada, que garanticen la posibilidad de sobrevivencia para los usuarios y preserven el buen estado de la estructura en caso de una colisión. Cuando las señales elevadas se instalen en un separador central de una autopista con 3.65 metros de ancho o menos, se debe examinar la posibilidad de utilizar una estructura sin soporte central.

El manual británico plantea que los conductores se acostumbran a ver las señales ubicadas en el costado derecho de la vía, y esta será la práctica general.²⁷ Las modificaciones a este criterio serán válidas (es decir ubicar señales al costado izquierdo) cuando hay dificultades en ubicarlas a la derecha, o en el borde externo de curvas pronunciadas a la derecha. En intersecciones tipo "T", se pueden ubicar señales cuya ubicación sea frontal; también recomienda colocar por duplicado (en ambos costados de la calzada) las señales preventivas en calzadas de altas velocidades, así como la señal de No Pase.

²⁷ Se ha hecho una adaptación al contexto Colombiano en este párrafo. En Gran Bretaña, al ser la circulación por la izquierda, los conductores británicos esperan ver instaladas las señales al costado izquierdo de la vía y no al derecho.

Las señales se deberían ubicar por lo menos a 0,45 m. alejadas del borde de calzada, se incrementará la distancia a 0,60 m. cuando haya peraltes pronunciados o cuando las señales estén montadas sobre un separador. En autopistas, se recomienda incrementar la separación a 1,2 m., si la señal se encuentra ubicada tras una barrera lateral, la separación no será menor a 60 cm. En vías de doble calzada (autopistas) se ubicarán las señales reglamentarias a ambos costados de la vía; además, se ubicarán señales en un solo lado de la vía, solo si aplica alguna de las siguientes circunstancias:

- Si la restricción aplica sólo a un carril o a un costado del camino.
- En una intersección, de una vía de menor jerarquía a la autopista, se orienta la señal hacia el conductor que ingresa.
- En una calzada de menos de 5 m. de ancho, donde la señal esté alejada a una distancia no menor de 2 m. del borde de la calzada.

El manual británico sugiere que las señales preventivas se deberían ubicar siempre al lado derecho de la vía, y cita como excepciones a la norma (es decir duplicar la señal preventiva en el costado opuesto de la calzada) las siguientes:

- Se podrá Instalar una señal preventiva en el costado izquierdo de la vía de haber un giro a la derecha, si ubicándola al costado derecho quedara oculta a la vista o no cumpliera con la distancia de visibilidad mínima o de despeje que requiere.
- Se colocarán señales preventivas en ambos costados de la calzada en la finalización de una doble calzada, en la aproximación a una glorieta o a una vía de alta velocidad.

3.6.2 POSICIONAMIENTO LONGITUDINAL

Sobre la ubicación de las señales reglamentarias, el manual canadiense sugiere que la mayoría de las señales reglamentarias se ubican donde se pretende ejercer una determinada restricción y por ello no necesitan ser ubicadas con antelación.

Las señales informativas se ubican antes del punto, objeto o condición para la que se vuelve pertinente su ubicación, y la distancia de antelación a la cual se ubique depende del tipo de señal. En el caso de la señalización informativa de destino, los usos para este tipo de señales se ilustran con mayor detalle en los numerales 5.16, 5.17 y 5.18 del documento.

Las señales preventivas límite de velocidad que sea de rigor en la vía y de la maniobra esperada. Para la ubicación anticipada de **señales preventivas**, se clasificarán en **cuatro tipos**, de acuerdo al tipo de maniobra que el usuario de la vía tiene que efectuar al percatarse del mensaje de la señal. A continuación se explica cada tipo de señales, que se denominarán con letras de la “A” a la “D”.

- Señales preventivas tipo “A”

Se denominará como señales preventivas tipo “A” a aquellas que advierten sobre condiciones que no tienen asociada una ubicación „puntual” específica y cuya ocurrencia no es permanente pero sí es probable. Las señales preventivas del MSV Colombiano que se consideran dentro de esta categoría se muestran en la Tabla 19. Su ubicación corresponde a condiciones particulares en cada sitio donde su instalación sea justificada, y se recomienda que vayan acompañadas de una placa suplementaria indicando la longitud por la cual se extiende la situación a prevenir, de ser pertinente hacerlo (ver numeral 10.5) se ubicarán de forma reiterada a lo largo del tramo si su extensión lo justifica.

Tabla 19. Señales preventivas tipo “A” en el MSV colombiano

SEÑAL		OBSERVACIONES
SP-27	Descenso peligroso	Ver recomendaciones en numeral 5.11 del documento
SP-42	Zona de derrumbe	
SP-44	Superficie deslizante	
SP-45	Maquinaria agrícola en la vía	
SP-49	Animales en la vía	
SP-59	Ciclistas en la vía	
SP-67	Riesgo de accidente	Ver numeral 5.15 del documento

Fuente: Elaboración propia

- Señales preventivas tipo “B”

Se denominará como señales preventivas tipo “B” a aquellas señales que requieren que el usuario efectúe maniobras con el vehículo en movimiento y a una velocidad relativamente alta, donde puede ser necesario reducir la velocidad según las condiciones de diseño y operación de la vía, pero no se hará todas las veces. El conductor requiere de tiempos considerablemente largos para ajustar su velocidad y efectuar una maniobra dentro de una situación compleja desde el punto de vista del tráfico; este tipo de señales se hallan asociadas a maniobras de cambio de carril en la mayoría de los casos. Para sus cálculos, el MUTCD

considera una distancia de legibilidad de 50 m, y un tiempo PIEV de 14 a 14.5 segundos.

El listado de señales que se consideran preventivas tipo “B” se observa en la Tabla 20. En la Tabla 21 y en la Figura 34 se comparan los valores dados por diversos manuales para la ubicación de este tipo de señales preventivas. Para el caso de México y Colombia, sus respectivos manuales no hacen ninguna diferenciación dentro de las señales preventivas, así que se incluyen los valores dados por estos manuales con fines comparativos.²⁸

Tabla 20. Señales preventivas tipo “B” en el MSV Colombiano

SEÑAL	
SP-21 y SP-22	Incorporación de tránsito
SP-28	Reducción simétrica de la calzada
SP-30 y SP-31	Reducción asimétrica de la calzada
SP-32	Ensanche simétrico de la calzada
SP-34 y SP-35	Ensanche asimétrico de la calzada
SP-39	Circulación en dos sentidos
SP-41	Tres carriles (uno en contraflujo)
SP-43	Tres carriles (dos en contraflujo)
SP-55	Iniciación de separador (dos sentidos)
SP-55A	Iniciación de separador (un sentido)
SP-56	Terminación de vía con separador (dos sentidos)
SP-56A	Terminación de vía con separador (un sentido)

Fuente: Elaboración propia

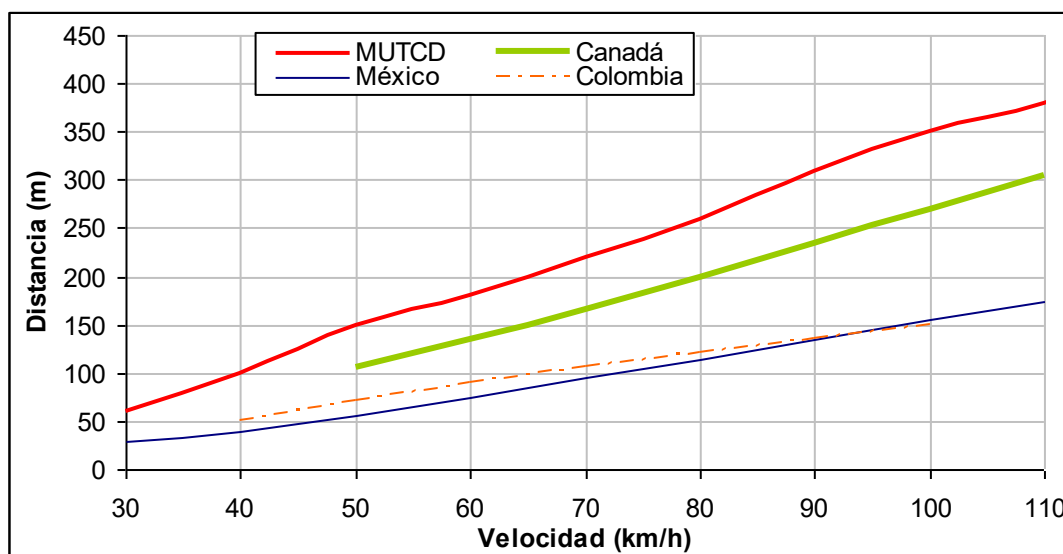
²⁸ Los manuales de México y Colombia sugieren una distancia de ubicación anticipada para las señales preventivas en general, sin hacer la clasificación que en este documento se hace. Con estos fines comparativos se incluyen los mismos valores en la Tabla 21, la Tabla 23, la Figura 34 y la Figura 35 respectivamente.

Tabla 21. Criterios de ubicación de señales preventivas tipo “B”

Velocidad (km/h)		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Distancia recomendada (m)	MUTCD	60	100	150	180	220	260	310	350	380	420
	Canadá			105	135	165	200	235	270	305	
	México	30	40	55	75	95	115	135	155	175	
	Colombia ²⁹		50	70	90	105	120	135	150		

Fuente: Elaboración propia

Figura 34. Criterios de ubicación de señales preventivas tipo “B”



Fuente: Elaboración propia

Se observa en la figura anterior cómo los criterios otorgados por los 2 manuales latinoamericanos utilizados como ejemplo resultan inadecuados para la ubicación de señales preventivas tipo “B”, en comparación con los criterios utilizados por el MUTCD y el Manual Canadiense; ya que distancias de antelación reducidas pueden no proveer tiempo suficiente para una maniobra adecuada; así mismo se observa que el criterio otorgado por el MUTCD puede garantizar una mayor seguridad al usuario de la vía.

- Señales preventivas tipo “C”

²⁹ Los valores en color rojo no se listan en el MSV Colombiano y se añadieron por interpolación.

Se denominará como señales preventivas tipo “C” a aquellas que previenen al usuario de la vía acerca de una situación que requiere detener por completo el vehículo en el caso más crítico. En la Tabla 22 se observan las señales del MSV Colombiano clasificadas como señales preventivas tipo “C”. La revisión de criterios para su ubicación se observan en la Tabla 23 y en la Figura 35.

Tabla 22. Señales preventivas tipo “C” en el MSV Colombiano

SEÑAL		OBSERVACIONES
SP-11	Intersección de vías	Situaciones de ingreso a una vía harán que el conductor sobre la vía principal esté obligado a detenerse, en el caso más crítico.
SP-12	Vía lateral izquierda	
SP-13	Vía lateral derecha	
SP-14	Bifurcación en "T"	
SP-15	Bifurcación en "Y"	
SP-18	Bifurcación escalonada	
SP-19		
SP-20	Glorieta	
SP-23	Semáforo	
SP-25	Resalto	Hay una reducción considerable de velocidad según la geometría del resalto, su funcionalidad y el tipo de vía en el cual se encuentra
SP-29	Prevención de pare	
SP-33	Prevención de ceda el paso	
SP-36	Puente angosto	
SP-38	Peso máximo total permitido	Ver numeral 9.3.4 del documento
SP-50	Altura libre	
SP-51	Ancho libre	
SP-52	Cruce a nivel con el ferrocarril	
SP-53	Barrera	
SP-54	Paso a nivel	
SP-57	Final del pavimento	

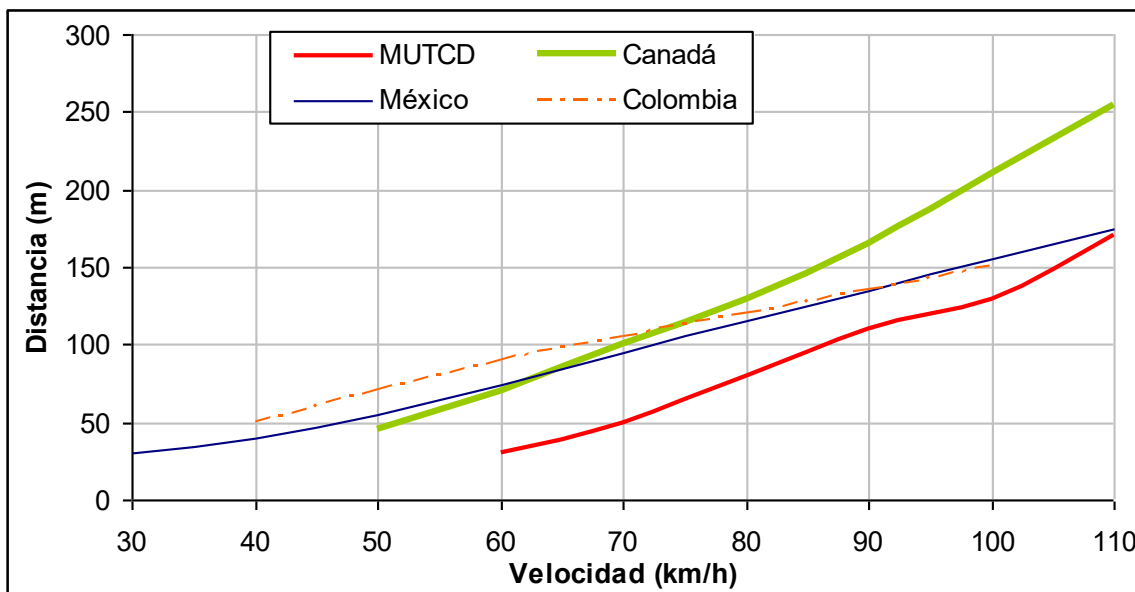
Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Criterios de ubicación de señales preventivas tipo “C”

Velocidad (km/h)		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Distancia recomendada (m)	MUTCD				30	50	80	110	130	170	200
	Canadá			45	70	100	130	165	210	255	
	México	30	40	55	75	95	115	135	155	175	
	Colombia		50	70	90	105	120	135	150		

Fuente: Elaboración propia

Figura 35. Criterios de ubicación de señales preventivas tipo “C”



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa cómo los criterios otorgados por los manuales latinoamericanos tomados como ejemplo se ajustan mejor para la ubicación de señales preventivas de tipo “C”. Para velocidades mayores de 70 km/h, se podría optar por valores intermedios entre los sugeridos por el manual canadiense y el MSV colombiano, a criterio del profesional a cargo de los diseños de señalización vial.

- Señales preventivas tipo “D”

Se denominará como señales preventivas tipo “D” a aquellas que advierten sobre una condición en vía ante la cual es obligatorio que el conductor reduzca la velocidad de circulación para poder maniobrar a través de la condición que se previene por medio de la señal. En la Tabla 24 se observan las señales

preventivas del MSV colombiano consideradas tipo “D”. En la Tabla 25 y en la Figura 36 se observan los criterios utilizados para la ubicación anticipada de estas señales en función de la reducción de velocidad esperada. Para manejar la información de la Tabla 25 se puede recurrir al límite de velocidad del tramo o el percentil 85 de las velocidades de circulación, según el criterio que el grupo de profesionales a cargo de efectuar la señalización considere más conveniente.

Tabla 24. Señales preventivas tipo “D” en el MSV Colombiano

SEÑAL		OBSERVACIONES
SP-01	Curva peligrosa	Ver numerales 5.9 y 7.6 del documento
SP-02		
SP-03	Curva pronunciada	
SP-04		
SP-05	Curva y contracurva peligrosa	
SP-06		
SP-07	Curvas sucesivas	
SP-08		
SP-09	Curva y contracurva pronunciada	
SP-10		
SP-16	Bifurcación izquierda	Según la geometría de la vía, el vehículo puede verse obligado a reducir la velocidad sobre la vía principal.
SP-17	Bifurcación derecha	
SP-24	Superficie rizada	Ver numeral 5.10 del documento
SP-26	Depresión	
SP-37	Túnel	
SP-40	Flecha direccional	Es la excepción a este criterio, porque no se ubica con antelación alguna, sino en el borde exterior de toda curva pronunciada, ver numeral 5.12.
SP-46	Peatones en la vía	Ver numeral 5.13.
SP-47	Zona escolar	
SP-48	Zona deportiva	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Ubicación longitudinal anticipada (en m) de las señales preventivas tipo “D”, en función de la reducción de velocidad esperada.

Velocidad de circulación (km/h)	Reducción esperada de velocidad (km/h)		
	10	20	30
50	25	35	39
60	40	55	65
70	50	65	85
80	70	90	105
90	85	110	130
100	105	130	155
110	118	150	180

Fuente: Elaboración propia, con base el Manual de Dispositivos de Señalización del Estado de British Columbia (Canadá)³⁰

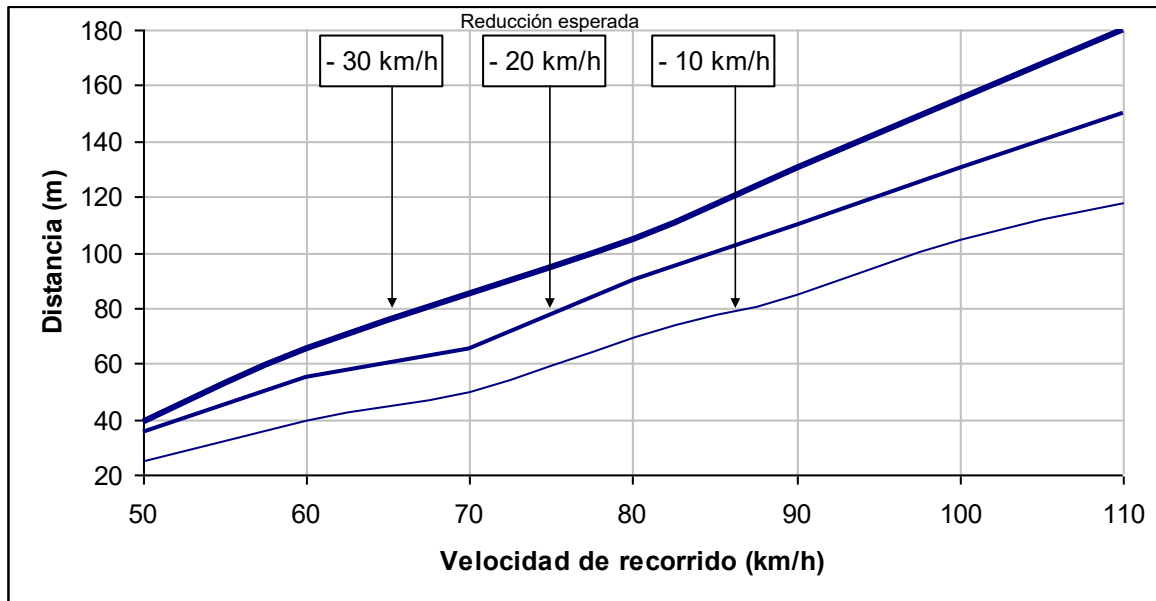
Adicionalmente a lo anterior, menciona el manual canadiense sobre la Tabla 25 que las distancias vienen dadas en metros incluso en la versión del MUTCD, donde se admite una tolerancia de ± 10 m en la distancia longitudinal de ubicación de las señales dentro de tramos que posean pendientes longitudinales de hasta 6%, que vienen consideradas en los cálculos realizados para determinar esas distancias mínimas, que se muestran en la Figura 36.

Si sobre la vía se quiere que el usuario reduzca su velocidad en más de 30 km/h, se recomienda un uso combinado de señales sobre la vía; es decir, si por ejemplo se quiere hacer que el usuario pase de una velocidad de 80 km/h a una velocidad de 30 km/h, se le inducirá a que reduzca su velocidad ubicando señales de forma tal que reduzca su velocidad primero en 30 km/h para inducirlo a que circule a 50 km/h y luego a partir de esa velocidad se le inducirá a que reduzca su velocidad otros 20 km/h, logrando así la reducción de velocidad esperada dentro de distancias adecuadas; por medio de esa combinación o por cualquier otra que a juicio del profesional a cargo de los diseños de señalización se considere adecuada.

Se puede complementar la ubicación de estas señales haciendo uso de la señal SR-30 “Límite de velocidad” o de una placa complementaria que indique la velocidad sugerida de circulación, según la naturaleza de la situación. En capítulos posteriores del documento se explicará esto con mayor detalle.

³⁰ A su vez, el manual canadiense toma esta tabla del MUTCD. Los valores en rojo fueron calculados por extrapolación simple.

Figura 36. Ubicación de anticipada de señales preventivas tipo “D” en función de la velocidad de recorrido y la reducción de velocidad que es necesaria para el conductor que circula.



Fuente: Elaboración propia

Al respecto de la Figura 36, cabe resaltar que la línea punteada equivale a la condición B, que implica la condición de detención total (la reducción de velocidad esperada es igual a la velocidad de recorrido), y el eje de las ordenadas representaría la condición A (donde en el caso más crítico no hay ninguna reducción de velocidad). Para reducciones de velocidad muy elevadas en velocidades de recorrido elevadas, las gráficas tienden a aplanarse., lo que no correspondería a una condición real, considerando que las reducciones de velocidad que se pretende conseguir con un tipo de señalización se harán gradualmente.

Otros criterios relevantes mencionados en el manual canadiense acerca del posicionamiento longitudinal de las señales verticales son los siguientes:

- El posicionamiento de las señales reglamentarias y preventivas tiene prioridad sobre el posicionamiento de cualquier otra señal.
- Si la condición de prohibición o advertencia se hace presente en un tramo de distancia considerable, se deberían poner las señales de forma repetida.

- En vías urbanas, la ubicación longitudinal podría reducirse debido a la existencia de cuerdas cuya longitud es corta, o pueden requerirse señales preventivas adicionales por la presencia de puntos de acceso público. Su ubicación además debe ser de tal forma que no se vea obstaculizada si un vehículo se estaciona.
- Como regla general, dos señales que se encuentran en diferentes postes deberían ser ubicadas con un mínimo de 90 m de separación longitudinal donde el límite de velocidad sea superior a los 70 km/h, y en ningún caso a una distancia menor de 60 m.
- En zonas de bajas velocidades de circulación la separación mínima puede ser de 30 m.
- Debido a la dificultad que implica para un conductor el captar el contenido de dos señales que se encuentran ubicadas muy cerca una de la otra, las excepciones a estos criterios deberán ser lo mínimas posible.
- Para reducir la distracción, se recomienda evitar colocar señales que se encuentren opuestas una a la otra, por ejemplo en un límite de zona de velocidad permitida.

El manual mexicano hace énfasis en que las señales que requieran diferentes decisiones por parte del operador del vehículo, deben estar espaciadas entre sí con la suficiente distancia para que las decisiones sean tomadas con seguridad; los espaciamientos deberán determinarse de acuerdo con la velocidad esperada de aproximación de los vehículos.

Para la ubicación longitudinal de señales preventivas, se debe tener en cuenta que existen en función del usuario que no está familiarizado con la vía por la que circula en su recorrido; por lo tanto, es muy importante que se preste gran atención a la colocación anticipada de las señales. Su finalidad es que el conductor adopte medidas de precaución y reduzca la velocidad o efectúe alguna maniobra con el fin de preservar la seguridad propia y la de los demás usuarios de la vía, vehículos, peatones, entre otros. La distancia anticipada a prevenir será determinada por dos factores, la velocidad de aproximación o de acceso y las condiciones ambientales predominantes en la vía. El Manual además proporciona las siguientes recomendaciones adicionales:

- Cuando se coloque una señal de otro tipo entre la preventiva y el riesgo, aquella deberá colocarse a la distancia en que iría la preventiva y ésta al doble. Si son dos señales de otro tipo las que se van a colocar entre la

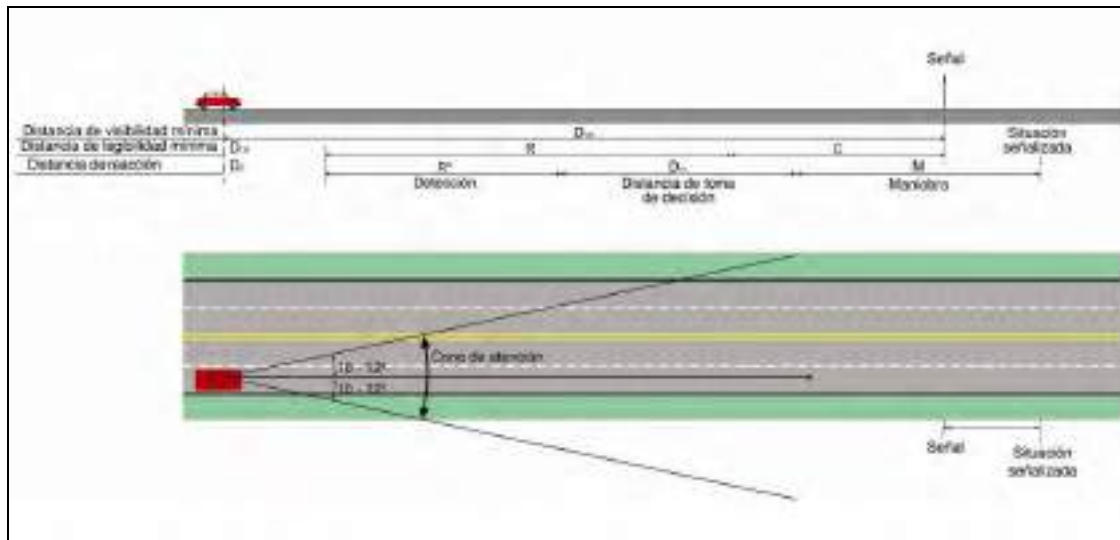
preventiva y el riesgo, la primera de aquellas se colocará a la distancia de la preventiva, la segunda al doble de esta distancia y la preventiva al triple y así sucesivamente.

- Las señales preventivas deben utilizarse al mínimo, pues de lo contrario, al tratar de prevenir condiciones que son aparentes, los usuarios pueden perder el respeto a todas las señales.

Por su parte, el manual chileno señala que la ubicación longitudinal de cada señal debe ser tal que garantice al usuario que viaja a la velocidad máxima que permite la vía, ver, leer y comprender su mensaje con suficiente tiempo para reaccionar y ejecutar la maniobra adecuada, de modo que indique el inicio o el fin de una prohibición o autorización (mediante la señalización reglamentaria) o advierta sobre las condiciones de la vía o maniobras a realizar (señalización preventiva)

Las variables que se consideran importantes son (ver Figura 37): la distancia de visibilidad mínima de la señal, la distancia de legibilidad mínima, la distancia de lectura, la distancia de toma de decisión, la distancia de maniobra y la distancia entre la señal y la condición señalizada.

Figura 37 Distancias que determinan la ubicación de la señalización



Fuente: Elaboración propia, con adaptaciones hechas del Manual de Señalización de Chile.

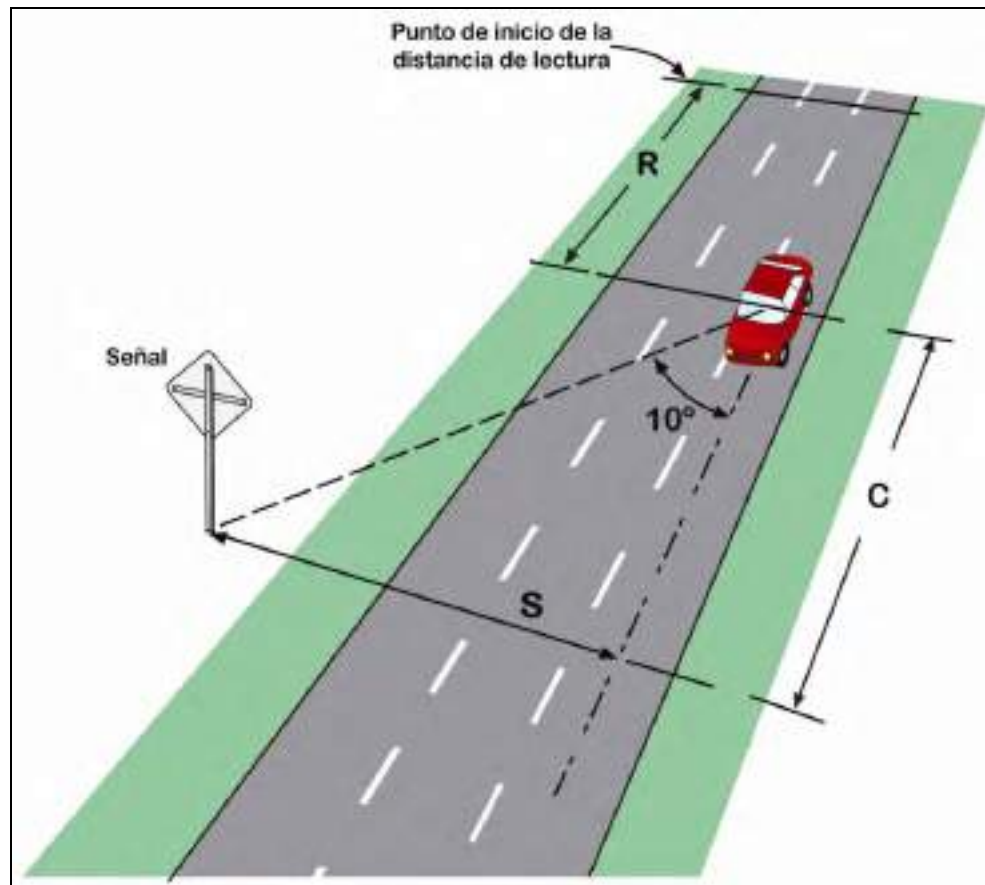
Para señales preventivas (de advertencia) se formulan las siguientes premisas:

- El tiempo PIEV puede variar desde 3 segundos para las señales sencillas (ej.: curva) hasta 10 segundos para las situaciones más complejas como cruces o bifurcaciones.
- La distancia requerida entre la señal y la situación que se advierte es función de la velocidad máxima de la vía y el tiempo mencionado. Esa distancia no puede ser menor a 50 m. en ningún caso.
- Se pueden ajustar las distancias hasta en un 20%, según factores de la vía como geometría, accesos, visibilidad, tránsito, entre otros.
- Si la distancia entre la señal de advertencia y el inicio de la condición peligrosa es superior a 300 m., se debe agregar a la señal una placa adicional que indique tal distancia en múltiplos de 100 m. o en kilómetros enteros, según corresponda.

Por otro lado, la Norma 8.1-IC de España considera como criterios básicos para la implantación de señales, la visibilidad fisiológica y geométrica de las mismas.

- Visibilidad fisiológica: La norma de señalización 8.1-IC de España considera que la máxima distancia a la cual un mensaje es legible es igual a 800 veces la altura de la letra o el símbolo, y que en ningún caso esa distancia será inferior a la mínima necesaria para ver la señal, leerla (si es el caso), decidir la maniobra a ejecutar y ejecutar la maniobra que se decidió. Se aumentará la altura de las letras en caso de ser necesario, por resultar las distancias insuficientes.
- Visibilidad geométrica: La define la Norma como la máxima distancia, medida sobre la carretera, en la que la visual dirigida por el conductor hacia una señal determinada se halla libre de obstáculos que la intercepten y, asimismo, se hallan libres las visuales dirigidas desde todos los puntos intermedios del recorrido mientras aquéllas no formen un ángulo superior a 10° con el rumbo del vehículo.

Figura 38 Cono de visibilidad de un vehículo



Fuente: Elaboración propia

Si la distancia en la carretera es inferior a la mínima necesaria para ejecutar maniobras, se recurrirá a alguna de las siguientes medidas:

- Cambiar la ubicación longitudinal de la señal respectiva, generalmente adelantándola y añadiendo, en su caso, una señal complementaria indicando la distancia.
- Duplicar la señal o cartel al otro margen de la carretera.
- Suprimir los obstáculos que intercepten la visual, de haberlos y de ser posible su eliminación.
- Modificar el trazado de la carretera.
- Limitar provisionalmente la velocidad.

Para la ubicación longitudinal de las señales preventivas, la Norma 8.1-IC de España recomienda que sean colocadas entre 150 y 250 m antes de la sección donde se pueda encontrar el peligro anunciado, en función además de la velocidad de recorrido, la naturaleza del peligro o condición y la maniobra requerida.

Sobre las señales reglamentarias, recomienda la misma Norma que se ubiquen en la sección donde comienza a regir la norma que exige su instalación, y que se haga la reiteración de la señal a intervalos correspondientes a un minuto de tiempo de recorrido (los cálculos correspondientes a esta recomendación se muestran en la Tabla 26). También recomienda la norma ubicar las señales reglamentarias especialmente después de una entrada a la vía o de una convergencia.

Tabla 26. Distancia de reiteración para señales reglamentarias.

Velocidad (km/h)	Distancia de reiteración (m)	
	Calculada	Redondeada
20	333,3	350
30	500,0	500
40	666,7	700
50	833,3	850
60	1000,0	1000
70	1166,7	1200
80	1333,3	1350
90	1500,0	1500
100	1666,7	1700
110	1833,3	1850
120	2000,0	2000

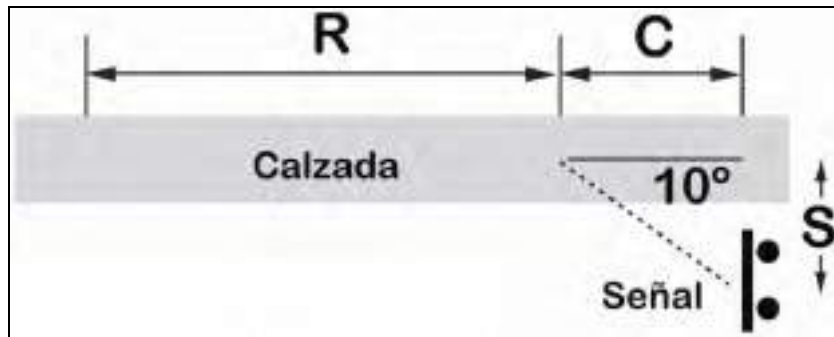
Fuente: Elaboración propia.

La Norma española provee una serie de criterios para la ubicación de señales informativas de destino (pre señalización, destino y confirmación), de acuerdo a las características de la vía donde se implementarán, que serán tratados con más detalle en capítulos posteriores del documento.

Por su parte el manual británico, asumiendo que se requiere un tiempo largo para comprender un mensaje en su totalidad, establece que entre mayor sea la velocidad de aproximación a un punto determinado, la lectura de la señal debe ser con mayor antelación. En la Figura 39 muestra esquemáticamente la distancia

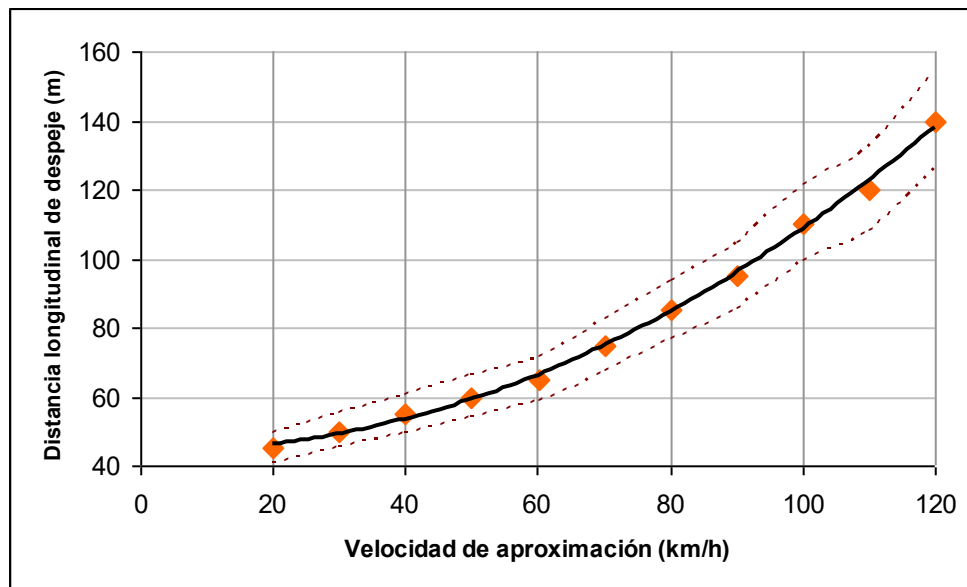
total ($R + C$) a la que la señal precisa ser reconocida³¹. Además, es fundamental que los conductores tengan una visibilidad hacia las señales despejada, libre de toda obstrucción; es decir, es la distancia que debería permanecer despejada de todo elemento que pudiera obstruirla, como vegetación o mobiliario. Esta distancia aumenta a medida que la velocidad de marcha en la vía aumente.

Figura 39 Determinación de distancias de lectura de una señal ubicada lateralmente a la vía



Fuente: Elaboración propia

Figura 40 Distancia longitudinal de despeje mínima para visualización de una señal.



Fuente: Elaboración propia con base en recomendaciones del manual británico.

³¹ En las recomendaciones finales se ampliará la información al respecto.

A parte de la distancia de lectura, el manual británico formula otro concepto que es la distancia mínima longitudinal de despeje de una señal, que es la distancia a la cual no puede haber ningún tipo de objeto que obstruya la vista de la señal. La variación de esta distancia de acuerdo a la velocidad de aproximación esperada a la señal se muestra en la Figura 40. Debido a las limitaciones existentes en el área de derecho de vía, puede ocurrir que no es posible ubicar una señal en el punto que sería deseable; siendo así, se podría variar su distancia de ubicación dentro un rango de $\pm 10\%$ de la distancia aconsejada, prefiriendo el incremento que la disminución de esa distancia. (La línea punteada en la Figura 40 indica esa tolerancia de 10% en la variación de la distancia de despeje).

También menciona el Manual británico que antes de proceder a modificar las distancias longitudinales de ubicación, se deberían considerar otras alternativas para mejorar la visibilidad de las señales, como la poda de vegetación, desplazar paraderos de bus y prohibir el estacionamiento de vehículos. Las distancias especificadas en la Tabla 27 deberían ser medidas desde el centro del carril más alejado del costado donde se halle la señal, por ende, el que posee la situación más desventajosa; las distancias han sido adaptadas a las unidades del sistema métrico, con base en las recomendaciones que formula el manual británico. La distancia de visibilidad debe permitir el cumplimiento de estas distancias para la ubicación de señales verticales.

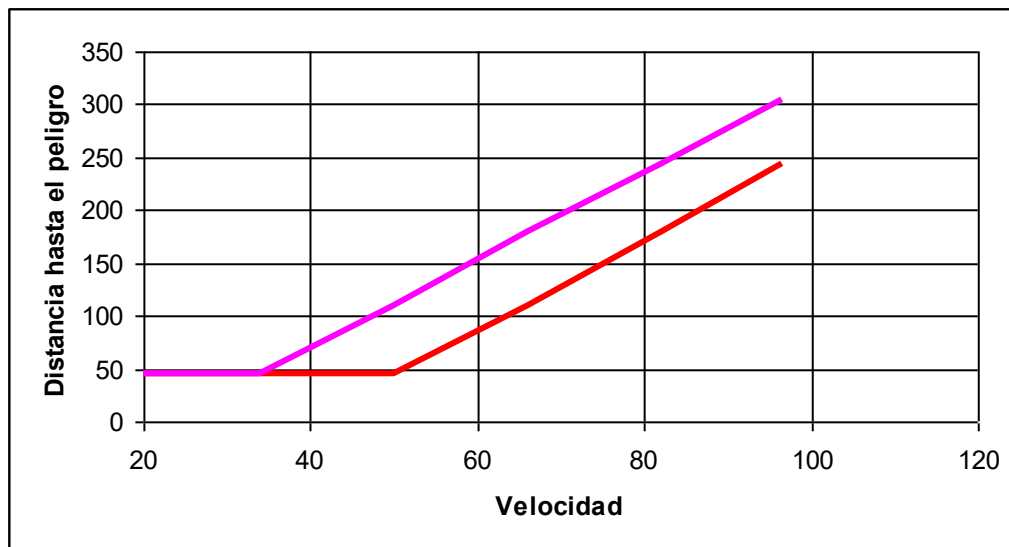
Tabla 27. Distancia longitudinal de despeje mínima para visualización de una señal.

Velocidad de aproximación (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Distancia mínima de despeje longitudinal (m)	45	50	55	60	65	75	85	95	110	120	140

Fuente: Elaboración propia, con base en adaptaciones del Manual Británico.

Para ubicar señales preventivas, se considera la distancia mínima de visibilidad a la señal (arriba referenciada) y la distancia a la que se debería ubicar la señal del peligro que señala, el rango de variación de estas distancias se muestra en la Figura 41. Si los registros de accidentalidad indican que los conductores no se percatan adecuadamente de la señal, o que la ven de forma tardía para realizar la maniobra adecuada, se aumentará su tamaño antes de modificar su distancia de ubicación.

Figura 41 Distancia de separación (mínima y máxima, en m) entre las señales preventivas y el sitio que representa peligro, en función de la velocidad de diseño (percentil 85).



Fuente: Elaboración propia, con base en recomendaciones del manual británico

3.6.3 Criterios sobre la altura de ubicación de las señales

El manual canadiense sugiere que el borde inferior de la señal debería ubicarse 1,5 m de altura sobre el borde de calzada. Bajo circunstancias determinadas, se puede incrementar la altura a 2 m., por ejemplo al haber una obstrucción en la visual hacia la señal. Donde haya que instalar dos o más señales sobre el mismo poste, la altura hasta el borde inferior de la señal inferior puede reducirse en 0,3 m. Para señales sobre un separador o isleta, este manual plantea que el fondo de la señal debe ubicarse a mínimo 2 m. de altura sobre la superficie del separador.

En autopistas, las señales direccionales deberían ubicarse de la misma forma, con 2 m. desde el borde inferior de la señal hasta el borde de la calzada; en una vía con cuneta, o que tiene un andén, o donde se posibilitan las maniobras de estacionamiento y movimientos de peatones, la altura mínima recomendada es de 2.1 m sobre la superficie de la calzada, berma o andén, según corresponda. Además, una señal elevada requiere un despeje vertical de mínimo 5,5 m desde cualquier punto sobre la calzada y la berma.

El manual mexicano hace recomendaciones para la altura de las señales, entre su borde inferior y la superficie de la calzada, berma o andén según corresponda. (Ver Tabla 28)

Tabla 28. Recomendaciones para altura mínima de los elementos de señalización

Criterio	Altura mínima
Mínima altura, zonas rurales	1,50 m.
Zonas comerciales, de circulación peatonal elevada, estacionamiento de vehículos o restricciones a la visibilidad	2 m.
Poste con más de una señal	1,50 m. en zona suburbana 2 m. en zona urbana
Señales elevadas	5,5 m.

Fuente: Elaboración propia, con base en datos del Manual de Señalización para el Estado de Baja California, México.

El manual chileno establece alturas mínimas y máximas para las señales en función del tipo de vía (ver Tabla 29), con base en el hecho que la altura de la señal debe asegurar su visibilidad; por ello la elevación correcta queda definida, en primer lugar, por los factores que podrían afectar dicha visibilidad, como altura de vehículos en circulación o estacionados, crecimiento de la vegetación existente, o la presencia de cualquier otro obstáculo; en segundo lugar, debe considerarse la geometría horizontal y vertical de la vía.

Tabla 29. Recopilación de las recomendaciones sobre altura de las señales

Tipo de vía	Altura recomendada (m)	
	Mínima	Máxima
Autopistas	1,5	2,2
Vía rural, $V_{max} > 90$ km/h	1,5	2,2
Vía rural, $V_{max} < 80$ km/h	1,5	2,2
Vía urbana con bordillo	1,8	2,2
Vía urbana sin bordillo	1,8	2,2

Fuente: Elaboración propia, con base en datos del Manual de Señalización de Chile

Por otra parte, el MUTCD recomienda en las vías rurales una separación vertical de 1,5 m. entre el borde inferior de la señal y el nivel de la berma o del borde de calzada correspondiente; en vías urbanas, zonas residenciales o comerciales la altura mínima será de 2,1 m. Si hay placas con mensajes de texto adicionales a una señal que posee un símbolo (señales secundarias) y ubicadas debajo de ellas, la altura mínima del borde inferior de la placa con respecto a la superficie del borde de la calzada o la berma será de 1,2 m. (ver Figura 42), para señales elevadas, se recomienda una altura mínima de 5,2 m.

La norma española hace de la misma forma una serie de recomendaciones (ver Tabla 30) para la altura mínima de instalación de las señales de acuerdo al tipo de vía. Dicha norma fija un criterio diferente al de las señales verticales para los denominados “Carteles flecha”, que son señales informativas de destino; en intersecciones en que pudieran constituir un obstáculo a la visibilidad, los carteles flecha deberán dejar totalmente libre la altura comprendida entre 0,9 y 1,2 m. sobre la calzada (Ver la Figura 43). Donde hubiera garantías de que estas señales no serán ocultas por la vegetación (por ejemplo, en isletas pavimentadas o aceras) las señales de destino se podrán colocar de forma que su borde superior no rebase una altura de 0,9 m. sobre la calzada.

Tabla 30. Recomendaciones para la altura de las señales dada por la Norma 8.1-IC de España.

Tipo de vía	Altura mínima
Autopista	2,0 m
Carretera convencional, berma de ancho mayor a 1,5 m	1,8 m
Carretera convencional, berma de ancho menor a 1,5 m	1,5 m
Señales elevadas	5,5 m

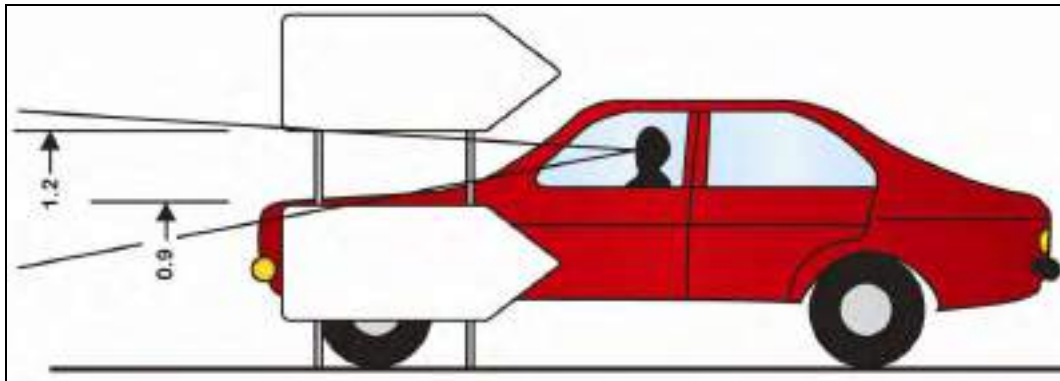
Fuente: Elaboración propia

Figura 42 Altura de las señales verticales ubicadas a un costado de la carretera



Fuente: Elaboración propia

Figura 43 Altura de señal informativa de decisión de destino



Fuente: Elaboración propia

Al igual que los manuales nombrados anteriormente, el manual centroamericano menciona que las señales instaladas al lado de la carretera, en zona rural, deberán tener una altura libre de por lo menos 1.50 m., si la señal cuenta con una placa complementaria o educativa, la altura libre se puede reducir a un mínimo de 1.20 m., en una zona urbana, la altura mínima se extenderá a 2,10 m. para permitir el libre paso de peatones, y recomienda una altura de 5 m para señales elevadas.

El manual británico recomienda que el borde inferior de una señal se ubique entre 90 y 150 cm. sobre nivel máximo de la rasante de la vía, incrementándose la altura si las señales son susceptibles de sufrir salpicaduras; si las señales se encuentran montadas sobre andenes, se elevará la altura a 2,1 m (como mínimo absoluto) o a 2,3 m como altura recomendable. En caso de posible vandalismo debido a características específicas de una zona, se incrementará la altura de las señales y los elementos que las iluminen.

3.6.4 Ángulo de visión de las señales

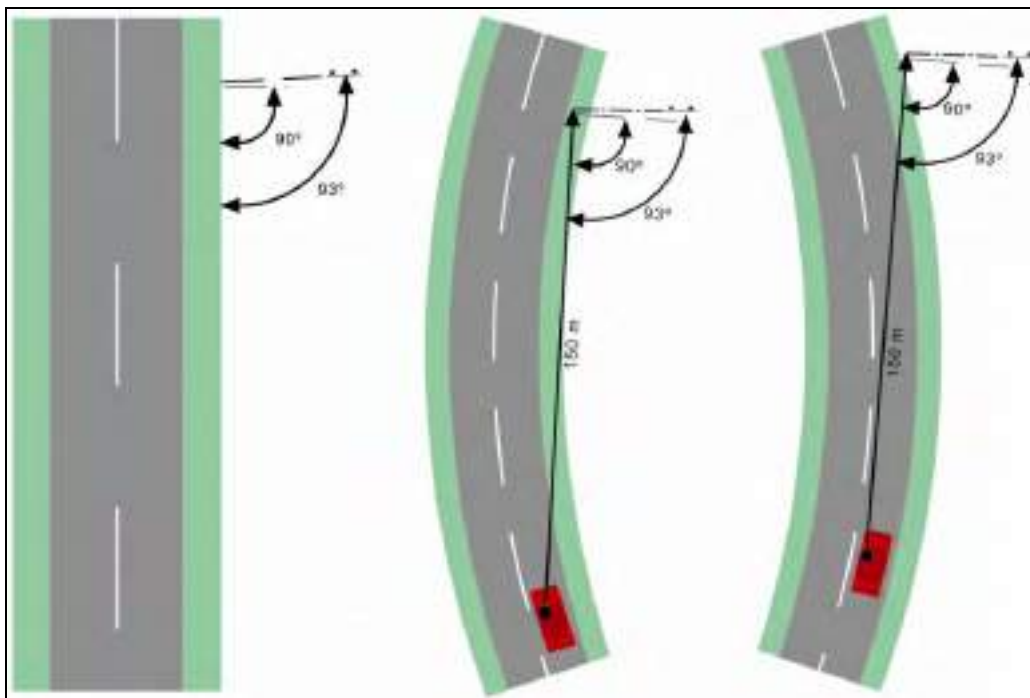
El manual canadiense menciona al respecto que todas las señales se deben instalar preferiblemente de forma que el plano descrito por el tablero se ubique en ángulo recto a la dirección del tráfico que busca orientar. El manual define como excepciones las señales de estacionamiento y parada, las cuales deberían ubicarse de forma casi paralela (entre 30 y 45°) al flujo del tráfico.

Recomienda el manual que en alineamientos curvos, el ángulo de ubicación se determine en función del tráfico que se aproxima y no del alineamiento del borde de la calzada, ya que aunque en muchos casos coincidan, no siempre poseerán el mismo alineamiento.

En tramos que poseen pendiente, es deseable inclinar la señal de forma tal que se mejore el ángulo de visión; una señal que se ubica en ángulos rectos respecto a un vehículo que se aproxima puede reflejar la luz proveniente de las luces delanteras del vehículo, para evitar esto, una señal debería ser girada ligeramente hacia afuera de la vía.

El manual chileno añade al respecto que cuando un haz de luz incide perpendicularmente en la cara de una señal se produce el fenómeno de reflectancia especular que deteriora su nitidez; así, para minimizar el efecto del reflejo de las luces, que hacen que se deteriore la nitidez de la señal y por ende su visibilidad, se recomienda orientar las señales de modo que la cara de éstas y una línea paralela al eje de la visual a una distancia de 150 m formen un ángulo de 93° (ver Figura 44).

Figura 44 Ángulo de ubicación respecto a un eje longitudinal



Fuente: Elaboración propia con base en adaptaciones hechas del Manual de Señalización de Chile

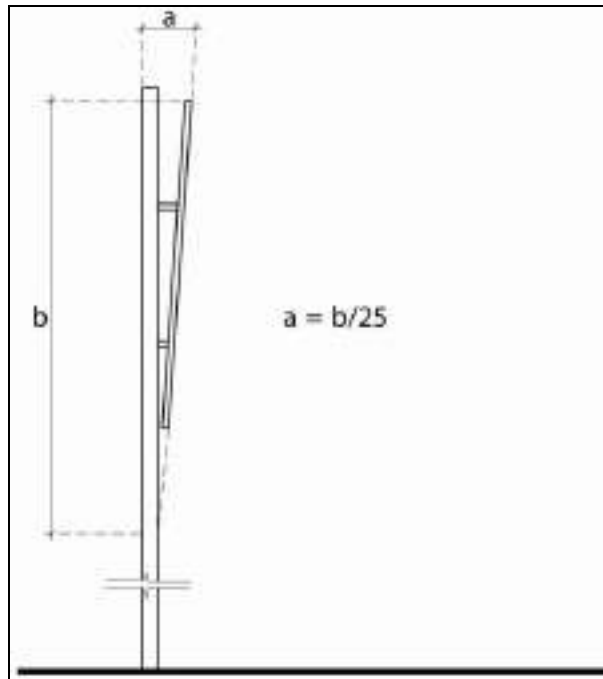
A diferencia de lo anteriormente mencionado, el MUTCD establece que la orientación de toda señal será por defecto en ángulo recto respecto a la dirección en la que viajan los vehículos, algo muy importante sobre todo en curvas horizontales. Las excepciones a este principio, establecidas por el MUTCD son las siguientes:

- Al igual que lo plantea el manual canadiense, si la reflectividad de la señal reduce su propia legibilidad, la señal se girará ligeramente hacia afuera de la vía.
- Si la señal se encuentra ubicada a más de 9 m. del borde del pavimento o de la calzada se podrá girar hacia el borde de la vía.
- En tramos con pendientes, la señal se girará hacia arriba o hacia abajo según corresponda, para mejorar el ángulo de visión.

Al igual que en el manual chileno, la Norma Española establece que las señales situadas en los márgenes de la vía se girarán ligeramente hacia afuera, con un ángulo de 3° (aproximadamente 5 cm/m) respecto de la normal a la línea que una el borde de la calzada frente a ellos, con el punto del mismo borde situado 150 m antes).

Las señales informativas de destino tipo “flecha” se orientarán perpendiculares a la visual del conductor a quien vaya destinado su mensaje, situado 50 m antes de ellas; si ellas orientaran a conductores procedentes de tramos distintos, se dispondrán perpendiculares a la bisectriz del mayor ángulo que formen las respectivas visuales, sin que el ángulo entre la señal y éstas resulte menor de 45° , para lo cual se podrá reiterar la señal tantas veces como sea preciso. Como un aspecto novedoso, la Norma establece que los carteles situados sobre la calzada se inclinarán ligeramente respecto a un eje transversal al trazado de la vía, para logra una inclinación de aproximadamente 4 cm/m (ver Figura 45).

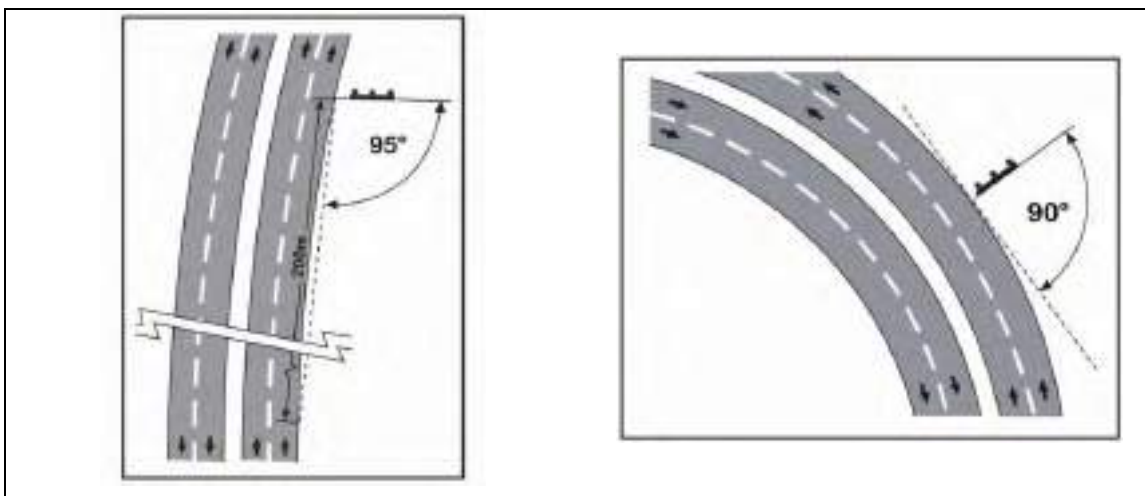
Figura 45 Ángulo de giro respecto a eje transversal al trazado de la vía



Fuente: Norma 8.1-IC de España.

Si se considera modificar el ángulo de inclinación respecto al eje de la vía, el manual británico plantea que para evitar problemas con la reflectividad de las señales, se ubicarán a un ángulo de 95° con respecto al eje de vía; además, en curvas a la izquierda, se puede ubicar la señal a un ángulo de 90° con respecto a la tangente al borde externo de la curva en el punto donde se quiere ubicar la señal, lo que garantiza que la señal estará orientada ligeramente hacia fuera de la vía. En curvas a la derecha, las señales se ubicarán a un ángulo de 95° respecto a una línea recta de 200 m que una la ubicación de la señal y la de un vehículo sobre la calzada (ver Figura 46).

Figura 46 Ángulo de ubicación respecto al eje de la vía



Fuente: Elaboración propia, con base en recomendaciones del manual británico.

Las excepciones que plantea el manual a la ubicación perpendicular de las señales son placas que detallan restricciones especiales de estacionamiento (que pueden ir paralelas al borde de la vía) y algunas señales de dirección que pueden ir ubicadas de acuerdo a la dirección que pretenden indicar.

3.7 INSTALACIÓN Y AGRUPACIÓN DE SEÑALES EN UN POSTE

Por regla general, y como se planteó en el numeral 3.2, las señales verticales que tienen diferentes propósitos o clasificaciones funcionales no se pueden instalar en el mismo sentido sobre un mismo poste; desde luego, este criterio no puede ser de aplicación indiscriminada y cuenta con un número muy extenso de excepciones, citadas en diferentes textos de consulta. En primer lugar, el manual canadiense establece que algunas excepciones a ello son las siguientes:

- Una señal de tránsito con un cartel de texto en su parte inferior que da alguna indicación o aclaración pertinente al funcionamiento de esa señal.
- Grupo de señales informativas de ruta.
- Una señal de nomenclatura vial debajo de una señal preventiva de cruce o de advertencia de semáforo (ver Figura 47).
- Delineador de obstáculos ubicado bajo una señal de inicio de calzada (ver Figura 48).

- Una señal o „etiqueta” junto a la señal de pare³².

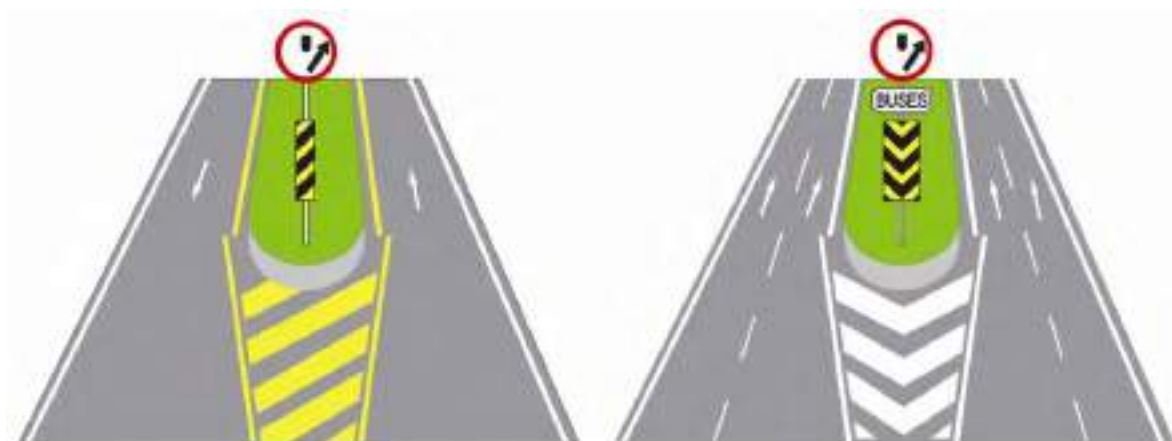
En este contexto, recomienda el Manual de forma estricta que si se utilizan dos o más señales, la señal inferior se fijará al poste por debajo de la superior, no siendo admisible ningún tipo de traslapo entre ellas.

Figura 47. Ejemplo de ubicación de señales de nomenclatura vial (SI-26) bajo una señal preventiva de cruce.



Fuente: Elaboración propia

Figura 48 Ubicación de delineador de obstáculos bajo señal de inicio de calzada (SR-46)



Fuente: Elaboración propia

Recomienda el manual mexicano de la misma forma que las excepciones para colocar varias señales en un mismo poste, deben ser establecidas por los

³² Ver la página 204, numeral 5.1, ampliación de los criterios para la utilización de señales de PARE.

respectivos estudios de ingeniería de tránsito, cuando una señal complementa a otra, o cuando deban agruparse señales direccionales con números de ruta.

El MUTCD considera los siguientes casos excepcionales para ubicar señales sobre un mismo poste:

- Una señal como suplemento de otra
- Agrupación de señales de ruta o direccionales
- Señales reglamentarias cuyo mensaje no entra en conflicto con otros. Ejemplo: señal de prohibición de giro con Sentido vial, señal de Pare o Ceda el paso con una de nomenclatura urbana, o prohibición de estacionar con una señal de Límite de velocidad.

El manual británico en este sentido es más limitante en cuanto a la posibilidad de instalar varias señales en un solo poste, sobre todo en una zona urbana, considerando muchos factores como la creación de riesgos para peatones con limitaciones visuales, y la obstrucción del andén, reduciendo su ancho útil. Para agrupar señales en postes, el manual considera los siguientes casos como válidos:

- No se deberían ubicar más de 2 señales en un mismo poste.
- Si una señal requiere una placa suplementaria, esta se considera como parte de la señal.
- Se podrían ubicar hasta 3 señales en un mismo poste, desde que ninguna requiera el uso de dicha placa.

Este documento recomienda un orden para la ubicación de señales en un mismo poste, del extremo superior al inferior del poste, que se puede observar en la Tabla 31.

Tabla 31. Orden recomendado para la colocación de señales (de arriba hacia abajo) en un mismo poste.

Señal a ubicar	Observaciones
• “Pare” o “Ceda el paso” • Señal preventiva	No pueden ser las dos simultáneamente, sólo alguna de las 2. Por encima de la señal de “Pare” sólo se puede ubicar la de “Paso a Nivel”
• Señales de límites de velocidad	Solamente bajo una señal preventiva.
• Otras señales circulares (Señales reglamentarias)	Aquí se plantean las prohibiciones necesarias y tienen que ser complementarias a las señales preventivas arriba instaladas.
• Señales rectangulares	Placas con información adicional de utilidad, o señales de dirección de vía.

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, el manual británico da otras recomendaciones sobre el uso de varias señales en un mismo poste:

- Ningún montaje debería exceder los 4 m. de altura, salvo en casos en que una mayor visibilidad de la señal lo justifique, de la misma forma, no puede haber ningún tipo de ambigüedad en los mensajes.
- Si se instala una placa suplementaria debajo de una señal preventiva, se separarán las señales a una distancia vertical no mayor que la altura de las letras utilizadas en la placa. En otros casos, se podrán instalar dos señales con separación mínima o nula entre ellas.
- Si se instalan dos señales preventivas en el mismo poste, se instalará en la parte superior la que se refiera a la primera situación a tener en cuenta, o al peligro más cercano; si se instalan con otras señales, las señales preventivas se ubicarán siempre en la parte superior.
- Nunca se instalará una señal preventiva en el mismo poste de una señal de Pare o de Ceda el paso.

3.8 CRITERIO PARA LA UTILIZACIÓN DE SEÑALES ELEVADAS

Como se mencionó anteriormente, la complejidad cada vez mayor de los diseños viales debidos a la presencia de cada vez una mayor cantidad de volúmenes vehiculares en circulación sobre las vías, le añade complejidad a la operación de las vías. Para responder a las necesidades de seguridad en la vía y lograr una adecuada transmisión del mensaje a todos los usuarios, se recurre al uso de señales elevadas (ver Figura 49); debido a su mayor costo, sólo se instalarán cuando haya circunstancias que lo ameriten.

Para la utilización de señales elevadas, el manual canadiense establece que se utilizarán bajo una o varias de las siguientes circunstancias:

- El mensaje a transmitir aplica a uno o a algunos carriles determinados.
- En un túnel, puente u otro lugar donde no hay disponibilidad suficiente de espacio lateral.
- En una vía o calzada de dos o más carriles, donde el tráfico de carga puede obstruir la visibilidad de una señal ubicada lateralmente.
- Donde la luminosidad ocasionada por otro tipo de instalaciones ajenas al diseño de la vía ubicadas a los lados de la misma afecta seriamente la visibilidad de la señal.
- Donde los valores de curvatura horizontal o vertical limitan la visibilidad de una señal lateral.
- Criterio de consistencia: donde hay otros signos elevados en un determinado tramo o para enfatizar señales con mensajes.
- En una estructura elevada, para indicar un gálibo reducido.
- Cuando se estime necesario ubicar una señal preventiva con grandes dimensiones o con luces intermitentes para darle énfasis al mensaje.

Adicionalmente a los criterios anteriores otorgados por el manual canadiense, en el Manual mexicano se justifican señales de instalación elevada si:

- El volumen de tránsito ha alcanzado o está cerca de su capacidad máxima.
- La autopista tiene tres o más carriles por dirección
- En espaciamiento de pasos a desnivel más cortos
- Salidas viales con rampas multicarriles o incorporación a una autopista
- Se registran altas velocidades de circulación en la vía
- Hay espacio insuficiente para instalar señales fuera de acotamientos laterales de la vía.
- Hay rampas de salida hacia la izquierda.

Figura 49 Uso de señales elevadas en vía



Fuente: Elaboración propia

4 BARRERAS DE CONTENCIÓN

En este capítulo se da a conocer el estado del arte en otros países seleccionados referente a los estudios de ingeniería para la instalación de barreras de contención, y de la misma forma se establece la guía para realizar la instalación de las mismas, con base en experiencias, metodologías existentes que han sido exitosas, así como las tecnologías que para ello han sido utilizadas; considerando a su vez la jerarquía de las carreteras en zonas rurales y considerando todo los criterios técnicos de ingeniería pertinentes para elaborar estos diseños, resaltando siempre todos los criterios de seguridad vial que deben cumplir y para los cuales se elaboran.

4.1 INTRODUCCIÓN

Cobran especial relevancia los comentarios del Ing. Pedro Chocontá Rojas, ilustre catedrático de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia y de la Escuela Colombiana de Ingeniería, en sus Apuntes de Diseño Geométrico de Vías, con relación a la incidencia de las interrelaciones entre la infraestructura, el vehículo y el conductor, sobre los criterios de diseño geométrico de carreteras:

“Se han hecho numerosos estudios de los accidentes en relación con los elementos de la vía y se ha llegado, en primer lugar, a la conclusión de que en carreteras con diseños semejantes, el porcentaje de accidentes aumenta proporcionalmente al volumen del tránsito, aunque es difícil aislar el efecto del volumen solamente, pues otros aspectos, como el ancho inadecuado de los carriles, el ancho de las bermas deficiente o las distancias de visibilidad pequeñas, pueden contribuir a la producción de accidentes.

*El control de accesos es un factor muy importante en la reducción del número de accidentes. En carreteras con accesos completamente controlados los accidentes que se producen son solamente de la tercera parte a la mitad de los que ocurren en vías con control de accesos. El control parcial de accesos es útil en la reducción de accidentes en áreas rurales, pero más bien de poco efecto en sectores urbanos, posiblemente debido a que los conductores adquieren una falsa sensación de seguridad y están mal preparados cuando se presentan conflictos inesperados en la circulación.”*³³

³³ Chocontá Rojas, Pedro. Apuntes de Diseño Geométrico de Vías. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 1990.

Al respecto, debe insistirse en que las especificaciones geométricas de los diseños viales obedecen a criterios claramente establecidos en la literatura técnica de referencia, pero los diseños de señalización y demarcación, quedan relevados al buen juicio del especialista, sin que primen guías metodológicas o ejemplos de aplicación en determinados casos.

Las soluciones de sistemas de contención deben corresponder a patrones probados, usados y aceptados internacionalmente, ya que detrás de ellos existe toda una permanente investigación y experiencia en la aplicación de estos elementos. Actualmente en nuestro país se carece de una normatividad que enmarque los criterios de localización de este tipo de dispositivos de seguridad vial. De otra parte, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación – Icontec, adoptó documentos de referencia de la AASHTO (M 180-00:2004), en correspondencia para normalizar las especificaciones para defensas metálicas para carreteras (NTC 3755), debidamente recomendadas por el Comité Técnico 215 Defensas metálicas viales, en Diciembre de 2007, en el cual participaron el Fondo de Prevención Vial e importantes empresas nacionales dedicadas a la provisión de bienes y servicios en estructuras metálicas tales como: Acerías Paz del Río, Accssvial, Corpacero, Tubos Colmena, Cintac, entre otras.

En concordancia, la Norma Técnica Colombiana NTC 4083, presenta los requisitos y especificaciones constructivas que deben tener las barreras de seguridad de concreto para vías, recomendadas por el Comité Técnico 369902 Prefabricados en concreto, en Enero de 1997.

A nivel internacional, existe la Norma Europea EN 1317³⁴ con sus 5 partes y el Reporte 350 de la National Cooperative Highway Research Program, “Recommended procedures for the safety performance evaluation of Highway features”³⁵ las cuales marcan las pautas para la evaluación de sistemas de contención.

Este capítulo contiene definiciones, resume requisitos y recomendaciones generales de instalación para las barreras de contención y propone algunos criterios, utilizados en otros países que han avanzado en investigaciones sobre este tema, para seleccionar y diseñar un sistema de contención, en función de las características de la vía y las condiciones típicas de tránsito, prevalcientes en el medio colombiano. Así mismo, se describe la estructura y los requisitos de seguridad que deben garantizar las barreras de contención y, algunas consideraciones en cuanto a elementos de transición.

Finalmente, se incluyen pautas y metodologías comúnmente usadas en el mundo para verificar la correcta colocación y diseño de este tipo de elementos de seguridad vial.

³⁴ European Committee for Standardization. European Standard EN 1317. Road Restraint Systems. Bruselas, 2001.

³⁵ Transportation Research Board. National Cooperative Highway Research Program NCHRP Report 350, “Recommended procedures for the safety performance evaluation of Highway features” Washinston D.C., 1999.

4.2 BARRERAS DE CONTENCIÓN O DEFENSAS VIALES

4.2.1 Definición

Una barrera de contención es un dispositivo longitudinal, ubicado a la orilla de la vía, cuyo objetivo es proteger a los automovilistas de obstáculos naturales o artificiales, localizados en las zonas laterales de la vía. Puede, en algunos casos, instalarse como un elemento de protección a los peatones y ciclistas.

La definición de defensa vial, que figura en la norma NTC 3783³⁶ es la siguiente:

“Defensa vial: elemento de protección instalado a uno o ambos lados de las carreteras y puentes con el objeto de prevenir siniestros automovilísticos; su función básica es la de barrera de contención durante las colisiones accidentales de los vehículos automotores. Está compuesto, principalmente, por párales (postes), vigas y elementos terminales.”

4.2.2 Objetivo

El objetivo de una barrera de contención es soportar y redireccionar un vehículo que por cualquier razón abandone la calzada de circulación, evitando que se impacte con un objeto fijo, caiga por un borde de terraplén o choque frontalmente contra otro vehículo; dejando muy claro que no se instala una barrera para evitar un accidente, sino para disminuir sus consecuencias.

La barrera en sí es un objeto fijo y constituye un riesgo, es por ello que solo se deben instalar cuando el daño esperado en los usuarios y vehículos sea menor al daño que les ocurrirá si la barrera no estuviera.

De acuerdo con las recomendaciones contenidas en Roadside Design Guide de la AASHTO³⁷, los atenuadores de impacto “*crash cushions*”, no pretenden reducir el número de accidentes, pero sí podrían disminuir la severidad de los accidentes. Para ello, deberían ser instalados en terreno relativamente plano, sobre superficies duras, tales como las que ofrecen los concretos hidráulicos. En condiciones ideales, deberían ubicarse alejados de taludes con pendientes

³⁶ Norma Técnica Colombiana NTC 3783. Ratificada por el Consejo Directivo de 1998-06-24. Defensas metálicas para carreteras. Párales de acero para la instalación de defensas viales. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación – Icontec. Bogotá D.C., 2010.

³⁷ American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Roadside Design Guide. Washington, D.C. 2002.

superiores al 2%, con el objetivo de afectar lo menos posible el ángulo de impacto³⁸ del vehículo colisionado.

De esta manera, en caso de presentarse colisión de un vehículo contra una barrera de seguridad, aunque sea de concreto, ésta debe ser capaz de absorber la energía del impacto, con una trayectoria que tenga un ángulo pequeño con respecto al eje longitudinal de la barrera; de tal manera que lo oriente y el vehículo pueda continuar en la dirección del tráfico, sin volcarse. Esta contención del impacto se debe dar sin que se presente ninguna deflexión o deformación transversal significativa de la barrera.

4.2.3 Estado del arte en Colombia

En el Manual de Señalización Vial Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorutas de Colombia³⁹, se hace referencia a delineadores de canalización:

“Son dispositivos que se usan para advertir al conductor la proximidad a obstáculos en el sentido en que se circula. Se emplearán para señalar estructuras canalizadoras dentro de la calzada, tales como: islas, separadores o cualquier otro tipo de elemento canalizador del tránsito.

Son placas metálicas rectangulares elaboradas en lámina reflektiva tipo I o de un grado de reflectividad tipo III o superior, (...). Las características de la lámina y de la estructura de soporte serán similares a las de las señales verticales.

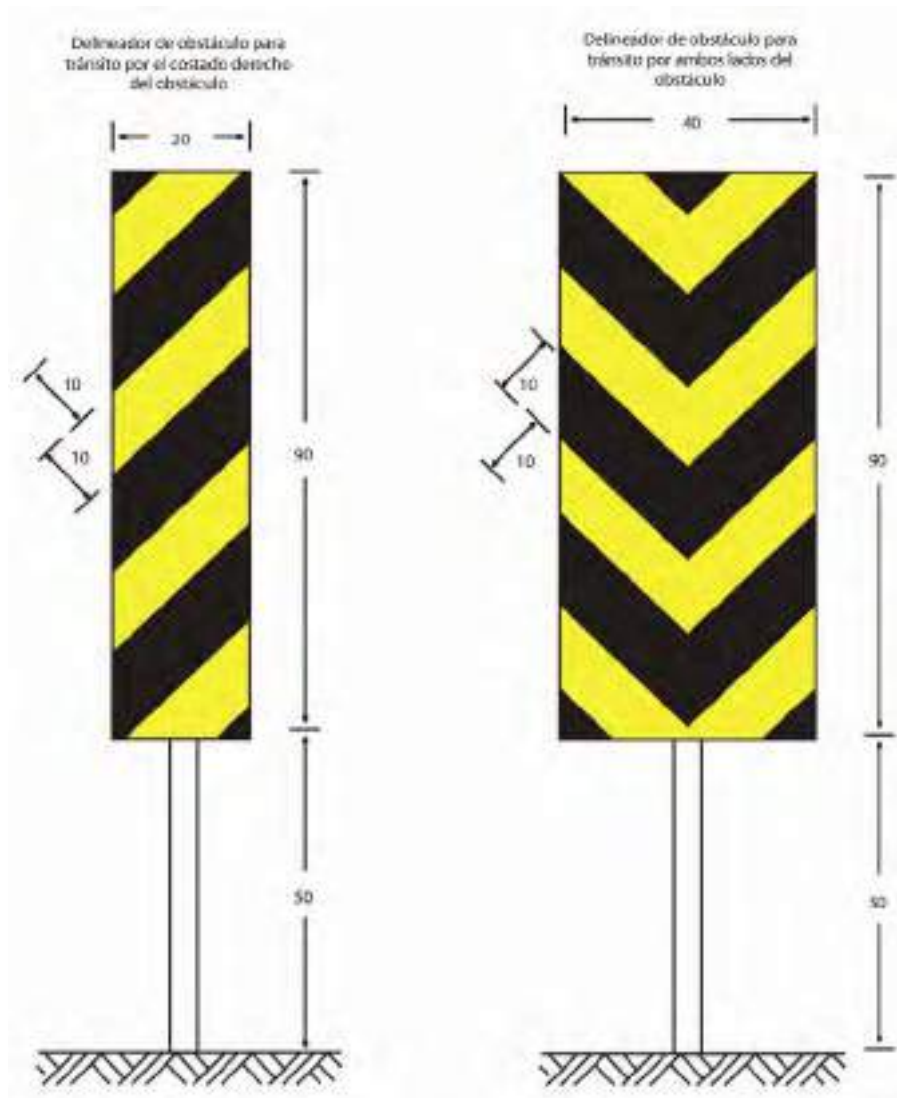
El uso de los delineadores de canalización para vías de un sentido y de doble sentido de circulación se muestra en la Figura 50 y la Figura 51.

Por otra parte, en el documento llamado **“Especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras”** del INVIAS, capítulo 7, sección 7.3 (sobre defensas), se mencionan algunas especificaciones constructivas sobre las defensas metálicas y de concreto en los artículos 730-07 y 731-07 respectivamente.

³⁸ Se define como ángulo de impacto (por impacto con una barrera de contención), al ángulo entre el eje de simetría de la barrera y una tangente a la trayectoria del vehículo.

³⁹ Manual de Señalización Vial. Dispositivos para la regulación de tránsito en calles, carreteras y Ciclorutas de Colombia. Resolución 1050 de 2004. Ministerio de Transporte. Bogotá D.C.

Figura 50. Delineadores de obstáculo (dimensiones en centímetros)



Fuente: Manual de Señalización Vial, Colombia.

El artículo 730-07 sobre **defensas metálicas** menciona lo siguiente:

“Las barandas de las defensas metálicas serán de lamina de acero corrugado obtenidas por los sistemas de crisol abierto, horno eléctrico o convertidores básicos de oxígeno (...)

Los espesores de las laminas con las cuales se fabricaran las defensas, serán los de defensa clase A, de calibre 12 (2.67 mm).

Salvo que los documentos del proyecto o las especificaciones particulares determinen lo contrario, la lamina deberá cumplir todos los requisitos de calidad establecidos en la especificación M-180 de la AASHTO (...)”

Sobre las características de la defensa menciona el artículo lo siguiente:

“La forma de la defensa será curvada del tipo doble onda (perfil W) y sus dimensiones deberán estar de acuerdo con lo indicado en la especificación AASHTO M-180, excepto si los planos del proyecto establecen formas y valores diferentes.

Las defensas que deban instalarse con un radio de curvatura de cuarenta y cinco metros (45 m) o menor, deberán adquirirse con la curvatura aproximada de instalación. La defensa no necesita ningún revestimiento adicional (pintura o anticorrosivo).

Para la visualización de las defensas en horas nocturnas, en cada poste se adosara un captafaro (...).”

Sobre los postes de fijación, menciona el artículo lo siguiente:

“Podrán ser perfiles estructurales de acero en un todo de acuerdo con las dimensiones y pesos indicados en los planos y respondiendo a las características mecánicas indicadas en ellos, o perfiles de lamina de acero en U o en I (...), que permita sujetar la baranda por medio de tornillos sin que los agujeros dejen secciones debilitadas (...)

Su longitud deberá ser de un metro con ochenta centímetros (1.80 m), salvo que los documentos del proyecto establezcan un valor diferente”

Adicionalmente la norma fija parámetros para los elementos de fijación (tornillos), equipo necesario, parámetros de ejecución de los trabajos, condiciones para el recibo de los trabajos, medidas y forma de pago.

En cuanto a la localización en vía de los trabajos ejecutados, es de mencionar lo siguiente:

“Si los planos o el Interventor no lo indican de otra manera, los postes deberán ser colocados a una distancia mínima de noventa centímetros (90 cm) del borde de la capa de rodadura o del borde considerado en vías sin pavimentar y su separación centro a centro no excederá de tres metros y ochenta centímetros (3.80 m).”

Los postes se deberán enterrar bajo la superficie aproximadamente un metro con veinte centímetros (1.20 m) (...)

La defensa se fijara a los postes de manera que su línea central quede entre cuarenta y cinco centímetros (45 cm) y cincuenta y cinco centímetros (55 cm), por encima de la superficie de la calzada.

La longitud mínima de los tramos de defensa deberá ser de treinta metros (30 m)."

Sobre las **defensas de concreto**, el artículo 731-07 menciona que la resistencia mínima a la compresión tendrá que ser de 28 MPa (280Kg/cm²). En cuanto a la ejecución de los trabajos, menciona el artículo lo siguiente respecto a la superficie de colocación:

"Los módulos podrán instalarse en forma individual, sobrepuestos sobre la capa de rodadura del pavimento, en los lados, en el medio, o en las bermas de la vía, asegurando que los módulos se enganchan entre sí.

En caso de que las defensas de concreto no se coloquen sobre la capa de rodadura del pavimento, estas se apoyaran sobre una capa de veinte centímetros (20 cm) de espesor de hormigón, o un solado artificial o una capa estabilizada convenientemente, compactada y nivelada (...)"

El artículo menciona unas especificaciones de fabricación y construcción de las defensas de concreto fundidas "in situ" y prefabricadas. En ambos casos se recomienda que un módulo no exceda los 3 m de longitud, el uso de varillas No. 3 o 8M para la armadura (transversal o perimetral según corresponda) y en el centro de todas las caras, y el uso de varillas longitudinales No. 4 o 12M en las caras superior e inferior.

Dentro de las consideraciones adicionales, se menciona en el artículo lo siguiente:

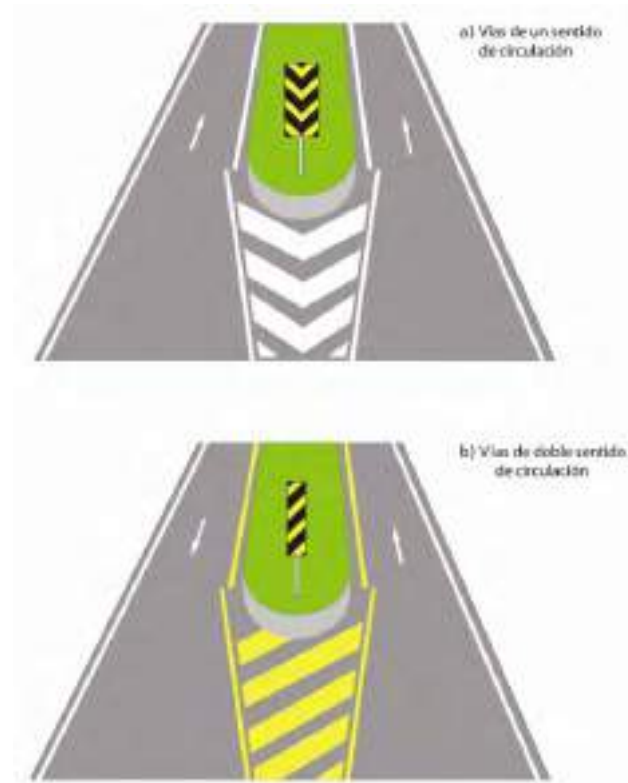
"Para el inicio y el termino de las barreras, se construirán módulos especiales de altura variable, con sus respectivas piezas de enganche si fueren del caso, de modo que la barrera disminuya paulatinamente su altura desde el borde superior hasta doscientos milímetros (200 mm), medidos sobre el piso, en dieciocho metros (18 m) de longitud. Cuando sea posible, estos tramos extremos serán además curvados. En el caso que la barrera sea corta para realizar la transición respectiva en dieciocho metros (18 m) esta se realizara en una menor longitud pero gradualmente hasta alcanzar la altura especificada.

Las barreras deberán tener perforaciones en su base, que permitan el adecuado drenaje de las aguas superficiales de la calzada.

Adicionalmente, se podrán instalar captafaros (...) o pintar la barrera de acuerdo con lo que especifica el "Manual de Señalización Vial", publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia en el año 2004, para marca de objetos o aproximaciones a obstrucciones en el capítulo de señalización horizontal (...)

De igual manera que para las defensas metálicas, el artículo finaliza mediante la mención de unas condiciones para el recibo de los trabajos, medida y forma de pago.

Figura 51. Uso de los delineadores de canalización



Fuente: Manual de Señalización Vial, Colombia.

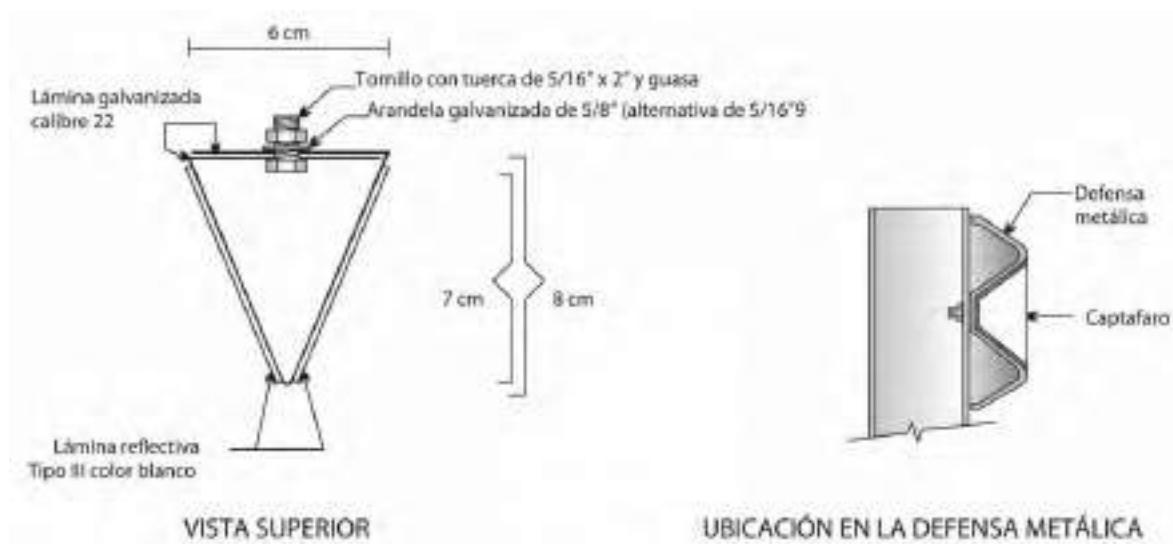
La única referencia sobre barreras de contención o defensas laterales que aparece en el Manual de Señalización Vial colombiano, es la siguiente:

“Los captafaros son delineadores que se ubican sobre las defensas laterales, metálicas o de concreto, que se ubican en los tramos de vía en donde existen peligros potenciales de accidente por la geometría del lugar o por el desarrollo de altas velocidades por parte de los conductores. Se utilizan principalmente en curvas peligrosas o en tangentes con terraplenes altos o en balcón. Los captafaros que se ubiquen en vías con doble sentido de circulación deberán tener caras reflectivas en ambas caras.

Estos elementos serán fabricados en lámina galvanizada calibre 22 y sobre sus caras frontales se adherirán franjas de lámina reflectiva tipo III o de características superiores. Los captafaros se sujetarán a la defensa mediante tornillos y puntos de soldadura. Las dimensiones de estos dispositivos son las que se muestran en la figura 5.10.”

En la Figura 52 se muestran los esquemas de captafaros que son mostrados en el MSV colombiano.

Figura 52. Captafaros



Fuente: Manual de Señalización Vial, Colombia.

Las defensas viales, son un ejemplo puntual en los que se pueden utilizar acero estructural u hormigón armado o estructural.

Las defensas viales, se pueden construir de hormigón o acero, pero en este caso el impacto es más controlado por la seguridad, las defensas metálicas tienen un tiempo de montaje inferior al de las de hormigón y la forma de trabajo de una defensa metálica es más segura, pues permite que al impacto del vehículo sea absorbida la menor cantidad de energía posible, mientras que la defensa rígida, funciona mas como una barrera, evitando que el vehículo salga de la vía, pero haciendo que el impacto sea más severo.

El costo de una defensa metálica es aproximadamente (a pesos de 2009) de 400.000 \$/m y su instalación puede hacerse rápidamente, mientras que la defensa rígida es más costosa por metro y su construcción toma mayor tiempo, debido al requerimiento de formaletería, preparación del refuerzo, vaciado y tiempo de fraguado.

Figura 53. Defensa metálica con Delineadores de curva horizontal



Fuente: Glennon, John. Nuevo Concepto para determinar la longitud de necesidad de la baranda de defensa.

Aunque se puedan encontrar hormigones con resistencias cercanas a los 200 MPa, en Colombia se trabaja máximo hasta 50 Mpa, lo cual muestra la necesidad de invertir en investigación y tecnología, para sacar el máximo provecho de las características mecánicas de este material. El acero estructural se presenta por lo general en forma de perfilería o laminas.

Es un material que posee alta resistencia a compresión como a tracción, por lo que no necesita de otro tipo de material para trabajar. Debido a su vulnerabilidad a la corrosión por lo general va acompañado de un recubrimiento el cual puede ser galvanizado (recubrimiento de zinc), recubierto de anticorrosivo, de pintura o una mezcla de ellos.

Las especificaciones que actualmente se aplican para las defensas metálicas deben cumplir con los estándares para lámina de alta resistencia bajo los requerimientos de la norma NTC 3755 y postes según la norma NTC 3783.

Figura 54. Defensa metálica con doble perfil W



Fuente: Catálogo Defensas Viales. Industrias Ceno S.A. Colombia.
www.industriasceno.com

En Colombia es un material de poca utilización comparado con el hormigón armado y la perfilería no se produce nacionalmente, por lo que es necesario importarla o armarla por medio de cordones de soldadura.

Figura 55. Defensa metálica con perfil “W”



Fuente: Catálogo Defensas Viales. Industrias Ceno S.A. Colombia.
www.industriasceno.com

Pese a ello, se destacan los esfuerzos que ha hecho el Ministerio de Transporte y el Invías, en la exigencia del cumplimiento de calidad de los materiales, y en las obras concesionadas a través del INCO, se han visto ejemplos de aplicación de barreras de contención, aunque no se cuente con criterios estandarizados para ser incluidos en los diseños de los nuevos trazados viales.

4.3 ESTADO DEL ARTE EN OTROS PAÍSES:

4.3.1 En Estados Unidos:

Los Estados Unidos de América tienen miles de barandas de defensa instaladas para proteger a los conductores errantes de peligrosos objetos fijos y empinados taludes de terraplén. La mayoría de ellas se ubicaron hace años, aplicando criterios inadecuados para ubicar el extremo corriente-arriba o de aproximación a la baranda, para satisfacer la necesidad de total protección.

Como resultado, los vehículos que se desvían hacia afuera de la calzada, inmediatamente corriente-arriba de la baranda, a menudo pasan por detrás de ella y chocan contra el peligro “*protegido*”. Por otra parte, muchas barandas de

defensa instaladas usando las guías más recientes de la *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*⁴⁰ son tan largas que, en realidad, aumentan la gravedad esperada por muchos impactos de vehículos que, de otra forma, podrían encontrar un contiguo costado del camino relativamente seguro cerca del extremo de la baranda.

Como resultado de los defectuosos procedimientos de AASHTO⁴¹, los cuales determinan longitudes de necesidad excesivas, muchos organismos viales rechazaron estos procedimientos y acudieron a una amplia variedad de racionalizaciones para determinar longitudes de barandas más cortas. Muchas de estas instalaciones parecen ser demasiado cortas para proteger adecuadamente a los conductores errantes.

Figura 56. Defensa metálica típica



Fuente: Glennon, John. Nuevo Concepto para determinar la longitud de necesidad de la baranda de Defensa.

Actualmente en Estados Unidos, se está trabajando en un procedimiento más amplio y lógico que considere la gravedad de la baranda de defensa comparada con la de los objetos fijos más graves y taludes de terraplén a proteger, y que también considere la gravedad relativa entre baranda de defensa y otras secciones del costado del camino contiguas que terminan siendo protegidas por la baranda.

⁴⁰ American Association of State Highway and Transportation Officials, *Guide for Selecting, Locating, and Designing Traffic Barriers*, 1977.

⁴¹ American Association of State Highway and Transportation Officials, *Roadside Design Guide*. 1996

En una época cuando muchos organismos viales en el mundo, están reajustando nuevos tratamientos de extremos de barandas válidos al choque, es oportuno considerar el método para determinar la longitud de necesidad (LDN) de la baranda de defensa, de modo que pueda proteger adecuadamente a los conductores.

“Desafortunadamente, las guías de AASHTO, más que dar buena guía sobre este tema, dan un enfoque sin fundamentos y potencialmente deficiente, demostrado sólo por ejemplos algo simplistas que tienden a perpetuar esa mala aplicación”⁴².

4.3.2 En México

Muchos de los accidentes que ocurren en carretera son producidos por el exceso de velocidad y con una posterior proyección hacia afuera de la carretera; para evitar las graves consecuencias derivadas de este hecho, en México existen diferentes sistemas de contención de vehículos como barreras metálicas y de hormigón, barandales de protección, amortiguadores de impacto y rampas de frenado de emergencia, cada uno de ellos apropiado para resolver problemas distintos.

BARRERAS DE SEGURIDAD: Las barreras de seguridad pueden ser deformables o rígidas. Las primeras se deforman durante el impacto de un vehículo, por lo que posteriormente se podría determinar la posición y la magnitud de las fuerzas de contacto. En este tipo se incluyen las barreras metálicas y las de hormigón.

a).- Barrera Metálica

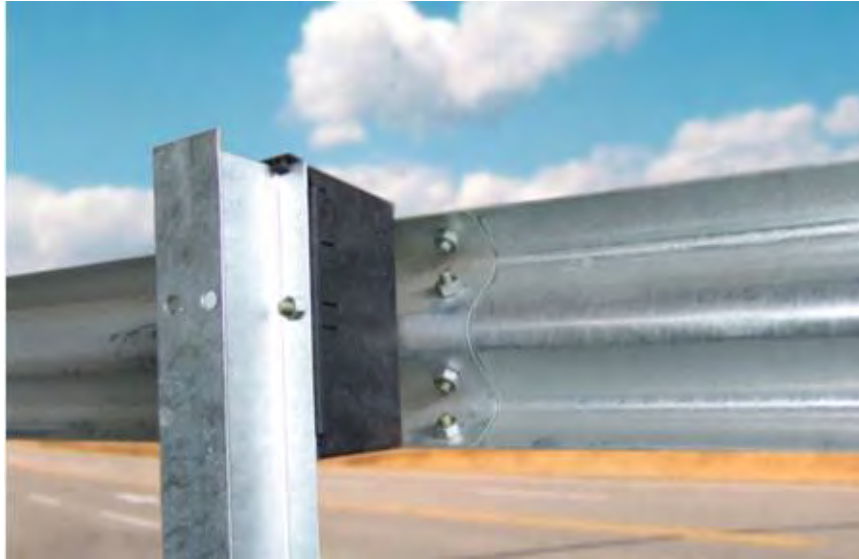
La barrera metálica consiste en un perfil de doble onda, una pieza separadora entre barreras y un poste antiguamente con perfil “doble T” y más recientemente con perfil en “C”.

El poste en “C” dispone de una rigidez superior y carece de aristas vivas. La función principal de la barrera metálica es evitar la salida de la vía en caso de accidente, reteniendo el vehículo sin provocar fuertes deceleraciones sobre los ocupantes. El poste que tiende a colocarse actualmente dispone de baja rigidez, deformándose fácilmente, y actualmente los postes son clavados en la tierra y no anclados, de tal manera que ante el empuje del separador y agotando la

⁴² John C. Glennon, D. Engr., P.E. Nuevo Concepto para Determinar la Longitud de Necesidad de la Baranda de Defensa. Noviembre de 2002.

posibilidad de deformación se evite que se desprendan con facilidad de su alojamiento.

Figura 57. Detalle barrera metálica



Fuente: www.formet.com.mx/images/defensa.jpg

b).- Barrera de Hormigón

Las barreras rígidas de hormigón están formadas por piezas prismáticas con perfiles transversales característicos, los cuales se encargan de encauzar a los vehículos que choquen con ellas, disipando parte de la energía cinética por energía de rozamiento.

La sección transversal de estas barreras adopta ese particular diseño para que las ruedas delanteras del vehículo monten ligeramente sobre ella, con lo cual la deceleración es más eficaz y ayuda a que las ruedas finalmente recuperen el contacto con la calzada.

Figura 58. Detalle construcción barrera de hormigón



Fuente: <http://www.highwayguardrail.com>

BARANDAL DE PROTECCIÓN: Las obras que por necesidades del terreno son construidas en las carreteras, requieren una protección especial, tal es el caso de los puentes donde el peligro de salirse de la vía es muy superior, para lo cual se utilizan barandales de protección de tal forma que el puente ofrezca al usuario de la carretera índices de seguridad similares al de cualquier otro punto o tramo de la vía.

Figura 59. Barandal de protección



Fuente: <http://www.highwayguardrail.com>

- En la primera fase el vehículo golpea el barandal con su parte frontal (en una posición más adecuada que su centro de gravedad). Como consecuencia del golpe, el vehículo ve impedido el movimiento transversalmente al barandal, sufriendo un giro alrededor del eje vertical del vehículo.
- En la segunda fase, el vehículo golpea al barandal con su parte posterior en un punto por detrás del centro de gravedad. Este coletazo rectifica la trayectoria del vehículo devolviéndolo a la calzada a 15°, el golpe trasero no se produce rectificando fácilmente la trayectoria.

Las defensas viales se establecen de la siguiente manera:

“(...) Podrán ser de lámina galvanizada, concreto u otro material resistente apoyados en postes adecuados al tipo de material.

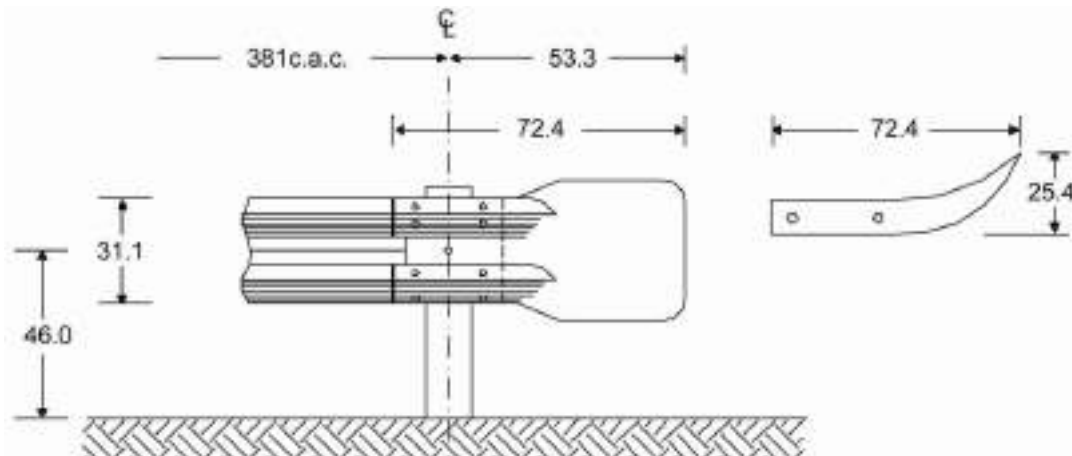
Su forma será aquella que permita un adecuado encauzamiento de los vehículos fuera de control; en las figuras siguientes, se muestran algunas características de la forma y dimensionamiento de las defensas más usuales.

La defensa lateral se instalará en los lugares donde existe mayor peligro, ya sea por el alineamiento del camino o por accidentes topográficos. Deberán colocarse en la silla exterior de las curvas peligrosas o en tangentes con terraplenes altos o en balcón, en una o ambas orillas según se requiera.

(...) Para mayor seguridad en el uso de las defensas, principalmente metálicas, en el extremo de la dirección por donde se aproxima el tránsito, el límite de la misma deberá empotrarse en el piso.

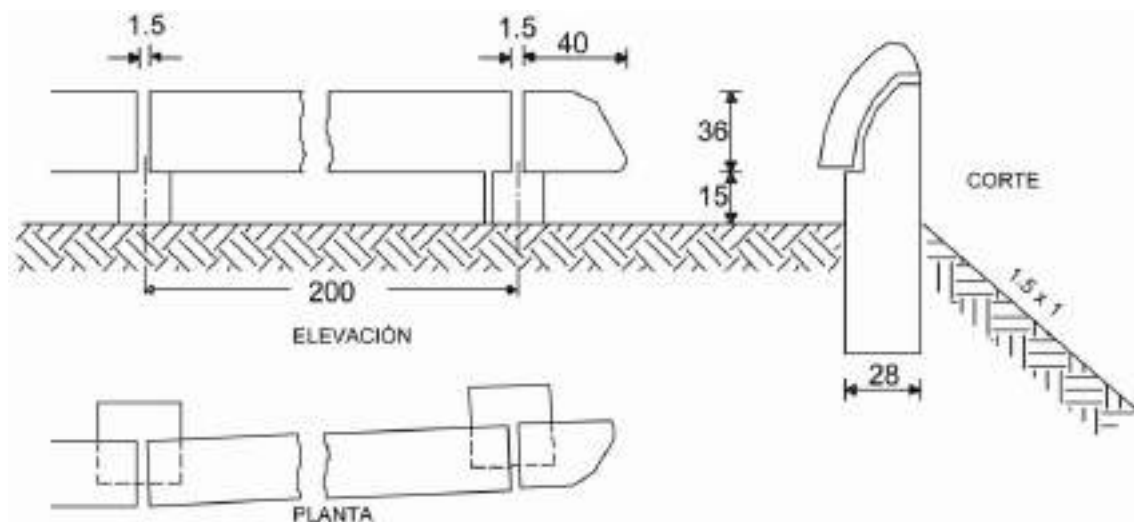
Las defensas laterales se pintarán dependiendo de los recursos económicos (...).⁴³

Figura 60. Defensas Laterales de Lámina Galvanizada.



Fuente: Manual de proyecto geométrico de carreteras. México

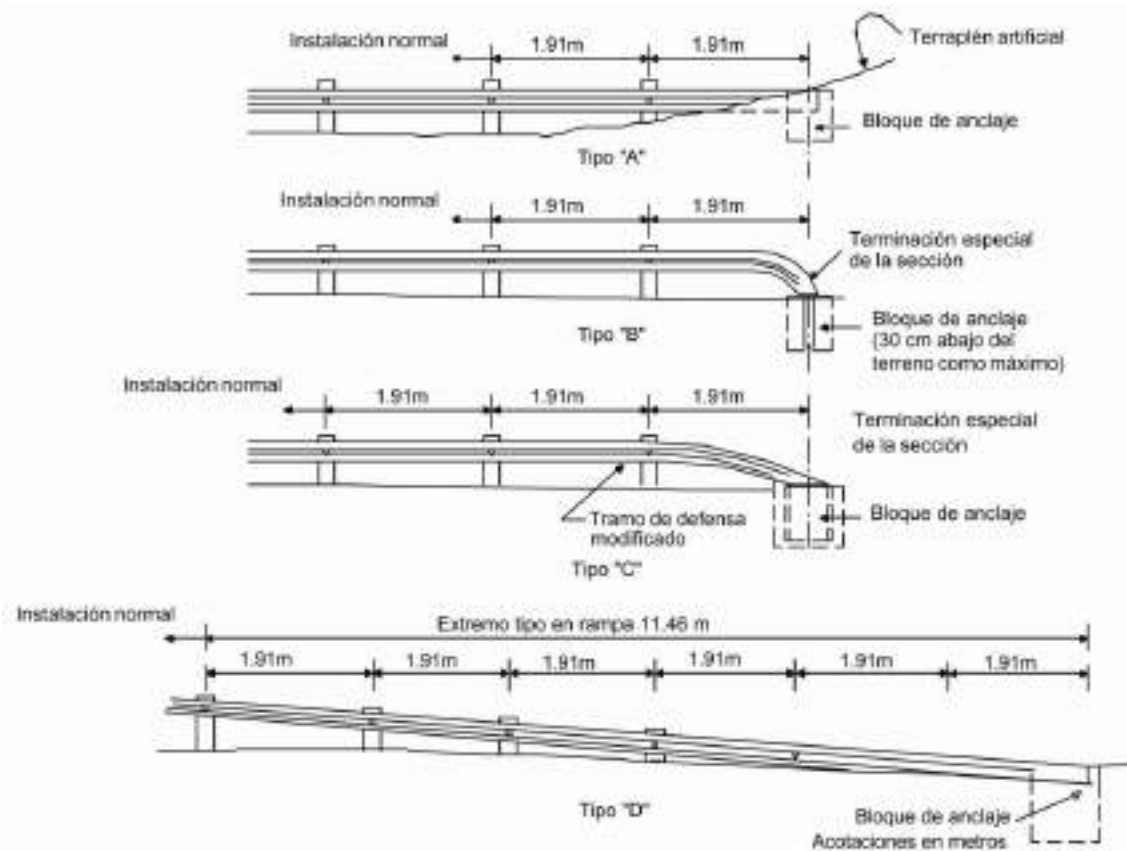
Figura 61. Defensas Laterales de Concreto Reforzado.



Fuente: Manual de proyecto geométrico de carreteras. México

⁴³ Instituto Mexicano del Transporte, Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Subsecretaría de Infraestructura. Normas de Servicios Técnicos, Proyecto Geométrico, Carreteras. México D.F. 2002.

Figura 62. Forma de Anclaje en los extremos de Defensas.



Fuente: Manual de proyecto geométrico de carreteras. México

AMORTIGUADORES DE IMPACTO: En vías urbanas la velocidad de circulación es menor y existen estructuras, señales de tránsito y de iluminación en los márgenes de éstas en donde las colisiones con estos objetos normalmente rígidos y/o de sección reducida, ejemplo: los pilares de puentes, el principio o fin de barandales de puentes y estructuras, los postes grandes de señales, soportes de banderolas y postes de luz.

Para evitar la gravedad de las colisiones contra estos objetos se instalan amortiguadores de impacto que pueden ser de dos tipos: redirectivos y no redirectivos. En los primeros, al recibir un impacto lateral el amortiguador redirige al vehículo impactante con los ángulos de salida que impiden que interfiera en la trayectoria del tránsito.

El segundo tipo de amortiguadores carece de estas características, pero al recibir un impacto frontal tiene la capacidad de absorber la energía del vehículo y detenerlo con seguridad.

Figura 63. Amortiguador de impacto



Fuente: Speier, Greg. Presentación Auditorías de Seguridad Vial herramienta del siglo 21 para modernizar la infraestructura de seguridad vial.

RAMPA DE FRENADO DE EMERGENCIA: Para controlar y manejar con seguridad un vehículo cargado en una bajada prolongada, es necesario usar reiteradamente el freno. Si el vehículo es un camión esto se vuelve más importante, ya que se produce un calentamiento en los frenos como consecuencia del uso excesivo y prolongado, perdiendo así eficacia y ganando el vehículo cada vez una mayor velocidad.

Figura 64. Rampa de frenado de emergencia



Fuente: *Tomado Road Hazard Management Guide – Department of Infrastructure, Energy and Resources - DIER*

Para evitar un grave accidente conviene situar estratégicamente rampas de frenado de emergencia, las cuales consisten en explanadas de grava contiguas a la carretera de diferentes longitudes y anchuras dependiendo de las características de la vía. Se sitúan al final de bajadas pronunciadas y pueden o no estar bordeadas hacia el exterior mediante una barrera de hormigón, lo que favorece por roce la frenada. La eficacia de este sistema permite salvar la vida de los ocupantes siempre y cuando éstos tengan puesto el cinturón de seguridad.

4.3.3 En Venezuela

Los accidentes de tránsito en Venezuela, desde hace mucho tiempo, se encuentran entre las primeras diez causas de mortalidad en el país, por lo que la correcta instalación de las defensas en los bordes viales adquiere, con el correr de los años, una renovada importancia habida cuenta del incremento paulatino que sufre el parque automotor, tanto liviano como de carga pesada, así como por los programas de ampliación y mejoramiento de las redes de carreteras y autopistas del país.

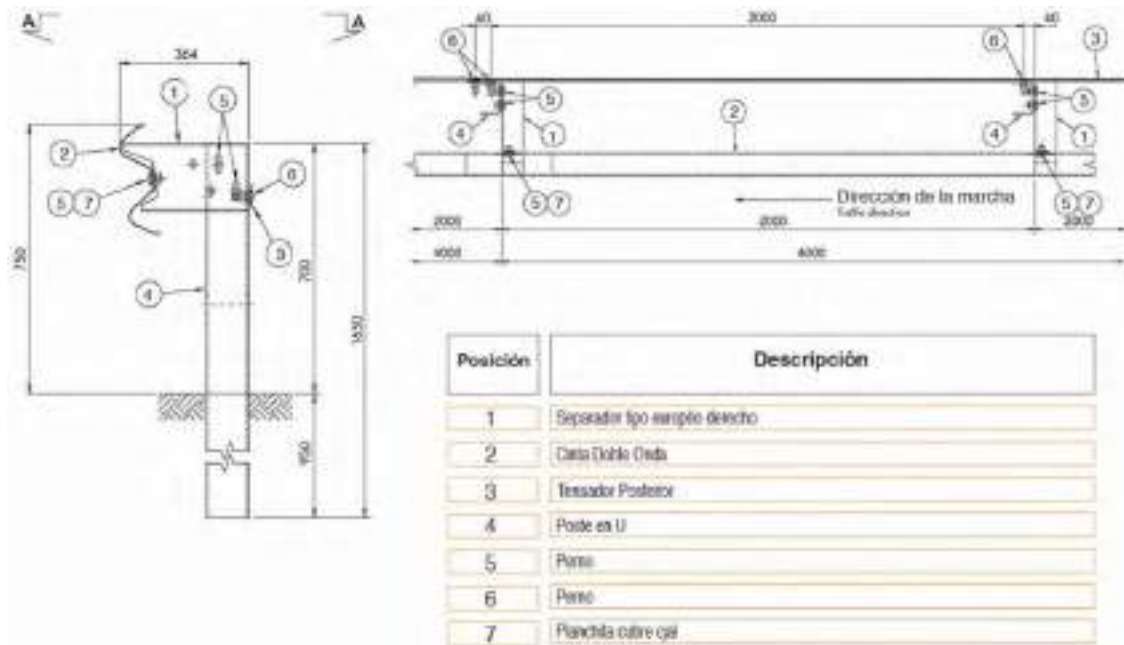
Para la selección del tipo y características de la baranda a ser colocada en los márgenes de las plataformas viales, no basta con escoger la mejor a todo efecto. La función que la barrera debe desempeñar depende de numerosas variables.

En primer lugar el destino de la barrera que, respecto a la ubicación, puede ser reconducido a cuatro tipologías principales:

- Defensa central (isla parte tráfico).

- Defensa lateral sobre puentes y viaductos.
- Defensa en presencia de obstáculos fijos inmediatamente al lado del carril.
- Defensa lateral para plataformas realizadas en terraplén.

Figura 65. Detalle defensa de dos ondas. Planta y sección



Fuente: Tomado de Revista Construcción. "Defensas Viales Luz y Sombras". Francesco Puglia Carrillo

Por otra parte tiene especial importancia en la selección, la clase de vehículo que transita mayoritariamente por la vialidad en la que será colocada la defensa; nos referimos al peso, estructura, dimensiones, posición del baricentro, velocidad y ángulo de impacto contra la barrera.

De las múltiples combinaciones de las variables indicadas derivan diferentes exigencias de contención que la defensa debería satisfacer, entre las cuales sobresale la necesidad de evitar, a toda costa, que el vehículo asumido como referencia traspase la barrera.

Ciertamente se observa el caso en que una tipología de barrera logra este fin pero a un alto costo en daños y riesgo, por ejemplo una barrera rígida puede mantener aún un vehículo pesado en su carril, pero ocasionando desaceleraciones perniciosas para los ocupantes de vehículos ligeros. Igualmente se da el caso de

barreras diseñadas para limitar el daño a los vehículos ligeros y sus ocupantes, pero que resultan ineficientes para mantener vehículos pesados dentro del carril.

Por estos motivos la selección de la modalidad de barrera a ser adoptada debería ser el resultado de una atenta observación y evaluación de la composición del tráfico predominante en la vía, la velocidad permitida en la misma y, de ser posible, del análisis de las características de los accidentes ocurridos en esa vialidad o, al menos, los hipotéticamente probables. Todo esto sin duda alguna atenuaría la gravedad de los accidentes a ocurrir en una vía cuyas defensas sean seleccionadas de esta manera.

Figura 66. Defensa lateral



Fuente: Tomado de Revista Construcción. “Defensas Viales Luz y Sombras”. Francesco Puglia Carrillo

La selección y adecuada colocación de la defensa vial supone, entonces, un verdadero proyecto técnico (tipología estructural y materiales a utilizar) pensado para alcanzar los mejores coeficientes de seguridad posibles.

En caso de que la selección se orientara hacia proyectos de defensa en acero se supone, sobre la base de la experiencia y los conocimientos acumulados, que las siguientes especificaciones a cerca de las características estructurales, derivadas de la hipótesis según la cual dichas defensas trabajen aún en el campo plástico y

con una oportuna limitación de las deformaciones restantes admisibles, bajo las fuerzas impulsivas a que puedan ser sometidas.

Todos los componentes metálicos de la barrera deben ser de acero de calidad no inferior a ASTM A-569, galvanizado en caliente con una cantidad de zinc no inferior a 300 gr./m² según norma ASTM A-123-97 Calidad G-200, por cada cara, con las siguientes características mínimas:

- Bobina o cinta: espesor mínimo 3 mm., perfil en doble onda según AASHTO M-180-95, altura efectiva no inferior a 300 mm., desarrollo no inferior a 475 mm., módulo de resistencia no inferior a 25 Kg./cm³.
- Postes, si son metálicos, como es preferible, deben tener perfil en U de dimensiones no inferiores a 80 x 120 x 80 mm., espesor no inferior a 5 mm, longitud no inferior a 1,65 m. para las defensas de isla y 1,95 para las defensas laterales;
- Separadores: altura 30 cm., profundidad no inferior a 15 cm., espesor mínimo 2 mm., hecha la salvedad de la adopción en casos especiales (autopistas) de distanciadores del “*tipo europeo*” de dimensiones 350 x 190 x 300 x 80 mm., espesor 4 mm., constituido por acero ASTM A 510 M-93.
- Pernos: de cabezal redondo y de alta resistencia.
- Planchas: cubre-ojal antideslizamiento de dimensiones 45 x 100 mm. y espesor 4 mm.

Además deben ser adoptadas las siguientes modalidades de colocación:

- La barrera debe ser colocada en forma de que su borde superior se encuentre a una altura no inferior a 70 cm. sobre el plano de rodamiento.
- Los postes deben ser colocados a distancia recíproca no superior a 3,60 m. e hincados en el terreno (con capacidad de carga normal) por una longitud no inferior a 0,95 m. por lo que refiere a barreras centrales y 1,2 m. por las barreras laterales.
- Las bobinas deben tener un solape no inferior a 32 cm.

Figura 67. Defensa instalada sobre el separador central



Fuente: Tomado de Revista Construcción. “Defensas Viales Luz y Sombras”. Francesco Puglia Carrillo

Las anteriores son indicaciones y requerimientos mínimos y están referidas a destinos que no prevén la contención contundente y categórica de los vehículos en carreteras (terraplenes y trincheras sin obstáculos fijos laterales).

Para defensas en puentes o viaductos, para islas centrales parte tráfico y/o en presencia de obstáculos fijos laterales, curvas peligrosas, pendientes muy inclinadas, aguas u otras plataformas viales y ferroviarias adyacentes, deberán adoptarse diferentes y más apropiadas soluciones estructurales, cual el incremento de número de postes y la utilización de postes de mayor resistencia. Otras soluciones deben ser el producto de la aplicación de los criterios de diseño de la ingeniería y, en los casos más complejos, de la verificación empírico-experimental.

Esta tarea resulta inaplazable ante el vertiginoso aumento del parque automotor, la cantidad de proyectos de nueva vialidad y autopista y la necesidad de proteger la vida de los ciudadanos que se desplazan en la red vial.

4.3.4 En Costa Rica

En el Ministerio de Obras Públicas y Transportes y sus dependencias, no existe un procedimiento general para determinar las necesidades de colocación de barreras de contención lateral o guardavías en las carreteras nacionales, sino que cada una de las áreas que requieren la contratación de estos elementos, utiliza diferentes

formas para definir las necesidades e igualmente diferentes formas o procesos de contratación de estos materiales y de su colocación.

“Estas especificaciones se refieren al tipo y calidad de los materiales que las conforman, como por ejemplo el grado del acero o el tipo de pintura que ha de utilizarse para su protección, pero no dan ninguna orientación con respecto al comportamiento esperado de la barrera ante el impacto de un vehículo, es decir, sobre el nivel de rigidez o flexibilidad del sistema de contención. De ahí que el tipo de barandas que se han venido colocando en nuestras carreteras es uniforme, y no necesariamente adaptado a las características propias de la carretera como son la topografía, el diseño geométrico, las condiciones climáticas, el volumen de tránsito, etc.”⁴⁴

4.3.5 En Chile

El Ministerio de Obras Públicas de Chile encargó al Departamento de Seguridad Vial de la Dirección de Vialidad y al Departamento de Estudios de la Dirección de Vialidad con el apoyo de la Unidad Técnica de Normalización y Seguridad, la elaboración de un instructivo, publicado en Enero de 2000 cuyo objetivo es sentar las bases que aseguren un adecuado funcionamiento de las barreras de seguridad metálicas (defensas camineras) que se han de instalar en las rutas concesionadas, ya que por tratarse de carreteras de altos estándares, con características técnicas distintas a las tradicionales, requieren de otro tipo de barreras.

Para lograr este objetivo se definen los requisitos mínimos que se le deben exigir a las barreras metálicas, a su ubicación e instalación, con el fin de asegurar un adecuado comportamiento frente a las eventuales cargas a las que podrían ser expuestas. Se han tomado en cuenta para la determinación de estos requisitos la experiencia de países que han desarrollado grandes avances en el tema de la seguridad vial como Estados Unidos, Italia, y la Comunidad Europea en general.

Uno de los requisitos de las barreras metálicas, es la exigencia del cumplimiento de parámetros que permitan cuantificar su comportamiento. Una vez que se cuenta con estos parámetros, se somete a la barrera metálica a una prueba real, denominada test de impacto en donde en forma controlada se lleva a cabo un impacto entre un vehículo tipo y la barrera. Los test de impacto se encuentran normalizados en Estados Unidos (NCHRP 350) y en la Comunidad Europea (EN1317-2) y hoy en día para poder utilizar una barrera se debe certificar que sus características cumplen con las normas establecidas según corresponda.

⁴⁴ Informe N° DFOE-OP-9/2006. Contraloría General de Costa Rica. División de Fiscalización Operativa y Evaluativa – Servicios de Obra Pública y Transporte. Junio 16 de 2006.

Además de cumplir con los test de impacto definidos en la norma EN 1317-2, las barreras deben presentar un adecuado comportamiento durante los impactos. Algunos de estos requisitos son:

- La barrera de seguridad deberá contener y redireccionar el vehículo sin que la cinta metálica pierda su continuidad.
- Ninguna pieza de la barrera debe llegar a desprenderse presentando un excesivo riesgo para el tráfico, peatones o personal en una zona de trabajo.
- Los elementos de la barrera de seguridad no deben penetrar el compartimento de pasajeros del vehículo. Deformaciones o intrusiones en el compartimento de pasajeros no están permitidas.

4.3.6 En Paraguay

El Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones de la República del Paraguay, en la formulación de su Plan Nacional de Seguridad Vial 2008-2013, considera como una de las medidas de mejoramiento en la infraestructura para la seguridad vial:

“(...) elaborar e implementar manuales, guías y especificaciones técnicas para mejorar la seguridad vial, enfocadas a disponer de las herramientas tecnológicas necesarias de la ingeniería vial y de la ingeniería de tránsito, para el diseño, construcción, rehabilitación, mantenimiento y operación de vías, en lo que concierne a los aspectos esenciales para la seguridad vial”⁴⁵.

Para dar cumplimiento a este objetivo específico, es preciso modificar ciertas características y condiciones de la infraestructura vial existente, en la calzada, la señalización, la zona lateral, en ciertos puntos y tramos, de manera que se mejore la seguridad para los usuarios que circulan por ella. Con este fin se proponen los siguientes objetivos operativos o medidas a implementar progresivamente:

” Proyectar y ejecutar las obras y/o el equipamiento para mejorar la seguridad vial en carreteras de acuerdo con las recomendaciones de las auditorías e inspecciones, las cuales pueden incluir:

- *Diseño y realización de mejoras en puntos y tramos de concentración de accidentes.*
- *Colocación de las señales informativas, preventivas y reglamentarias.*
- *Demarcación de los pavimentos con líneas centrales y laterales.*

⁴⁵ Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. Plan Nacional de Seguridad Vial 2008-2013. Paraguay, 2007

- *Señalización de curvas, intersecciones y sitios peligrosos.*
- *Dotación de servicios de comunicación SOS en las carreteras principales.*
- *Colocación de pintura en muros y barandas de puentes.*
- *Modificación, pintado o protección de cabezotes de alcantarillas en sitios de algo riesgo.*
- *Eliminación, modificación o protección con relación a objetos físicos cercanos a la vía.*
- *Actuaciones de mejora de la seguridad vial en el derecho de vía.*
- ***Colocación de barreras de contención y absorbedores de impacto.***
- *Ampliación de carriles y de bermas.*
- *Corrección de peraltes.*
- *Ensanches o ampliaciones de curvas.*
- *Construcción de carriles de protección y zonas de estacionamiento.*
- *Áreas de descanso y de servicio.*
- *Rediseño y cambios en intersecciones.*
- *Adecuación especial en el paso por poblaciones.*
- *Mejora del trazado longitudinal y de la distancia de visibilidad.*
- *Mejoras de la sección transversal.*
- *Medidas de protección contra la inestabilidad de taludes.*
- *Iluminación de intersecciones, puentes y sitios identificados como peligrosos durante la noche.*
- *Descontaminación visual de las vías y retiro de vallas comerciales o de anuncios diferentes a la señalización vial.*
- *Mejora del coeficiente de rozamiento de los pavimentos.*
- *Recuperación y mantenimiento de los pavimentos.*
- *Ornamentación de la vía y de su entorno.*
- *Construcción de variantes en el paso por poblaciones.*
- *Diseño e instalación de señales de mensaje variable.*
- *Implementación de control temporal del tránsito en zonas de trabajos viales.*

- Otro tipo de medidas.”

Con relación a los diseños de la infraestructura vial en Paraguay, se destaca que no se dispone de instrumentos tecnológicos apropiados, tales como especificaciones, manuales y guías para el diseño, la construcción y la operación de las carreteras. Por ello, en el Plan Nacional de Seguridad Vial, se contempla que en el corto plazo se debe contar con un manual de señalización o manual de dispositivos de control de tránsito, un manual de diseño geométrico de carreteras y una guía para el control temporal de tránsito de las zonas de trabajo y, además, una normativa técnica similar para las vías urbanas.

4.3.7 En Argentina

Con respecto a la normatividad aplicable a las barreras de seguridad o defensas Laterales (ver Tabla 32. Distancia de ubicación de Barreras de Seguridad), la Dirección General de Carreteras de la República Argentina, dictó la Ley Nacional No.24.449 y concretamente establece la necesidad de considerar las defensas laterales en su Artículo 21:

“Estructura Vial. “El diseño de las vías pavimentadas se realizará bajo el concepto global de Seguridad Vial, incluyendo, además de la infraestructura caminera y obras de arte, la señalización que exijan las condiciones de tránsito y situaciones de riesgo; asimismo, las defensas laterales, los vibradores de advertencia, los sistemas de registro automático de ocurrencia de infracciones; y todo otro elemento que la evolución de la técnica vial aconseje incorporar”.

También se cuenta con las Recomendaciones Técnicas sobre Sistemas de Contención de Vehículos Orden Circular 321 de 1995, en la cual se establecen las distancias que deben tener las barreras sobre el borde de la banca.

Tabla 32. Distancia de ubicación de Barreras de Seguridad

DISTANCIA TRANSVERSAL A ZONAS PELIGROSAS	DISTANCIA DEL COMIENZO DE LA BARRERA A LA SECCIÓN DONDE SE NECESITA	
	CALZADA ÚNICA	CALZADAS SEPARADAS
Menos de 2.0 m	100	140
De 2.0 m a 4.0 m	64	84
De 3.0 a 6.0 m	72	92
Más de 6.0 m	80	100

Fuente: Recomendaciones Técnicas sobre Sistemas de Contención de Vehículos Orden Circular 321 de 1995. Argentina

Se aclara que las distancias se fijan a lo largo sobre tramos rectos y con una estructura simple.

Figura 68. Barrera New Jersey “In situ”



Fuente: Tomado de Revista Motos. www.mtuamotera.org

4.3.8 En España

En los proyectos de nuevas carreteras o de acondicionamiento de las existentes la necesidad de disponer o no de estos sistemas deberá estar presente en las fases de diseño del trazado, de la sección transversal, de las obras de drenaje longitudinal, de las estructuras, etc. En estos proyectos se realizará un análisis de los márgenes de la plataforma, en el que se identificarán las zonas en las que pueda haber obstáculos, desniveles y demás elementos o situaciones de menor seguridad. A los efectos anteriores se considerarán tales elementos o situaciones potenciales de riesgo, al menos, los siguientes:

- Las dotaciones viales que sobresalgan del terreno, tales como báculos de iluminación, elementos de sustentación de carteles, pórticos y banderolas, postes SOS, pantallas anti ruido, etc.
- Postes de señales de tráfico, otros postes, elementos o árboles, cuando tengan más de 15 cm de diámetro medio medido a 50 cm de altura desde la superficie de rodadura.

- Las carreteras o calzadas paralelas.
- Los muros, tablestacados, edificios, instalaciones, cimentaciones y elementos del drenaje superficial (arquetas, impostas, etc.) que sobresalgan del terreno más de siete (7) cm.
- Los accesos a puentes, túneles y pasos estrechos.
- Los elementos estructurales de los pasos superiores.
- Las cunetas que no sean de seguridad⁴⁶.
- Los desmontes cuyos taludes (H:V) sean inferiores al 3:1, si los cambios de inclinación transversal no se han redondeado, o al 2:1, si están redondeados.
- Los terraplenes de altura superior a 3 m y aquellos de altura inferior pero cuyos taludes (H:V) sean inferiores al 5:1, si los cambios de inclinación transversal no se han redondeado, o al 3:1, si están redondeados.

Figura 69. Defensas metálicas y barreras rígidas para canalización temporal del tráfico



Fuente: Tomado de Revista Moteros. www.moteros.org

⁴⁶ Se podrá considerar que una cuneta es de seguridad si la relación H:V de sus taludes es superior o igual a 6:1 y sus aristas están redondeadas.

Una vez identificadas las zonas con elementos o situaciones potenciales de riesgo, se plantearán las soluciones alternativas que se señalan a continuación, todas ellas preferibles en lo que a seguridad vial se refiere a la instalación de una barrera de seguridad metálica, con el orden de prioridad siguiente:

- Eliminar el obstáculo o desnivel.
- Diseñar de nuevo el elemento que suponga un obstáculo o un desnivel (v.g.: taludes de desmontes y terraplenes más tendidos, medianas más anchas y sensiblemente llanas, cunetas de seguridad, arquetas que no sobresalgan del terreno, etc.), de modo que resulte franqueable por los vehículos en condiciones de seguridad.
- Trasladar el obstáculo a otra zona donde resulte menos probable que el vehículo impacte con él (v.g.: situarlo a mayor distancia del borde de la calzada o disponerlo en un tramo recto en vez de en una alineación curva).
- Disminuir la severidad del impacto contra el obstáculo disponiendo una estructura soporte eficaz para la seguridad pasiva (v.g.: báculos de iluminación con fusible estructural), entendiendo por tales aquellos elementos que satisfacen los requisitos de la norma UNE EN 12767, siempre que la caída del elemento no pueda provocar daños adicionales a terceros.

Figura 70. Barreras de hormigón combinada con barreras metálicas



Fuente: Tomado de Revista Moteros. www.mutuamotera.org

La selección de un nivel de contención determinado (ver Tabla 33) deberá tener en cuenta al menos los parámetros de la carretera, especialmente la velocidad de proyecto y el valor de intensidad media de vehículos pesados por sentido.

Tabla 33. Selección del nivel de contención recomendado para barreras de seguridad metálicas, según el riesgo de accidente.

RIESGO DE ACCIDENTE ^(*)	CLASE DE CONTENCIÓN	INTENSIDAD MEDIA DE VEHÍCULOS PESADOS POR SENTIDO	NIVEL DE CONTENCIÓN
MUY GRAVE	Muy alta	-	H3 - H2 - H1
GRAVE	Alta	IMDp $\geq$ 5000	H2 - H1
		400 $\leq$ IMDp < 5000	H1
		IMDp < 400	H1 - N2
NORMAL	Normal	-	H1 - N2

Fuente: Recomendaciones sobre criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas. O.C. 28 de 2009. España

Adicionalmente, la selección de la clase de barrera de seguridad metálica a disponer en los márgenes de la carretera, se efectuará atendiendo al riesgo de accidente detectado y se seguirán los siguientes criterios:

- Donde las características del tramo en estudio determinen la existencia de un riesgo de accidente normal, las barreras de seguridad metálicas deberán ser de contención normal (nivel N2). Excepcionalmente y siempre que se justifique, podrán emplearse niveles de contención superiores al indicado. Donde se detecte un riesgo de accidente grave o muy grave, las barreras de seguridad metálicas deberán ser de contención alta (niveles H1, H2 y H3).
- Las barreras de seguridad metálicas podrán ser de contención muy alta (nivel H4) exclusivamente donde se determine la existencia de un riesgo de accidente muy grave y se deberán utilizar con carácter excepcional. A los efectos anteriores, el empleo de una barrera de seguridad metálica de contención muy alta requerirá autorización expresa de la Dirección General de Carreteras, que deberá solicitarse para cada obra o actuación concreta.
- Cuando otras circunstancias no derivadas de la existencia de un obstáculo o desnivel o elemento de riesgo justifiquen la instalación de barreras de seguridad metálicas, se podrán emplear dispositivos de contención normal (nivel N2).

Figura 71. Barreras de hormigón con empradización



Fuente: Tomado de Revista Moteros. www.mtuamotera.org

Tabla 34. Normas AEN/CTN 135/SC 1 "Barreras de Seguridad"

CÓDIGO	TÍTULO	ESTADO ACTUAL
UNE 135111	Sistemas viales de contención de vehículos. Barreras de hormigón. Definiciones, clasificación, dimensiones y tolerancias.	EDITADA
		Jul-94
		EN REVISIÓN
UNE 135112	Sistemas viales de contención de vehículos. Barreras de hormigón. Materiales básicos y control de ejecución.	EDITADA
		Abr-94
		EN REVISIÓN
UNE 135121	Barreras metálicas de seguridad para contención de vehículos. Valla de perfil de doble onda. Materiales, geometría, dimensiones y ensayos.	EDITADA
		Sep-03
UNE 135122	Barreras metálicas de seguridad. Elementos accesorios de las barreras metálicas. Materiales, dimensiones, formas de fabricación y ensayos.	EDITADA
		Sep-03
UNE 135123	Barreras metálicas de seguridad para contención de vehículos. Elementos accesorios de la barrera metálica simple con poste tubular. Materiales, geometría, dimensiones y ensayos.	EDITADA
		Oct-02
UNE 135124	Barreras metálicas de seguridad de doble onda para contención de vehículos. Condiciones de manipulación y almacenamiento. Procedimientos de montaje de los elementos constituyentes y accesorios.	EDITADA
		Jul-03
UNE 135125-1	Barreras metálicas de seguridad para contención de vehículos. Evaluación de la durabilidad mediante ensayos de corrosión acelerada.	EDITADA
	Parte 1: Ensayo en cámara de niebla salina	Sep-06
UNE 135900-1	Evaluación del comportamiento de los sistemas para protección de motociclistas en las barreras de seguridad y pretiles.	EDITADA
	Parte 1: Terminología y procedimientos de ensayo.	Sep-08
UNE 135900-2	Evaluación del comportamiento de los sistemas para protección de motociclistas en las barreras de seguridad y pretiles.	EDITADA
	Parte 2: Clases de comportamiento y criterios de aceptación.	Sep-08

Fuente: Normatividad Carreteras AENOR. España

Tabla 35. Normas UNE-EN “Barreras de Seguridad”

CÓDIGO	TÍTULO	ESTADO ACTUAL
UNE-EN 1317-1	Sistemas de contención para carreteras.	EDITADA
	Parte 1: Terminología y criterios generales para los métodos de ensayo	Mar-99 REVISIÓN EN IPP
UNE-EN 1317-2	Sistemas de contención para carreteras.	EDITADA
	Parte 2: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de choque y métodos de ensayo para barreras de seguridad.	Mar-99 REVISIÓN EN IPP
UNE-EN 1317-2	Sistemas de contención para carreteras.	EDITADA
	Parte 2: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de choque y métodos de ensayo para barreras de seguridad.	Abr-04
UNE-EN 1317-2:1999/A1	Sistemas de contención para carreteras.	EDITADA
	Parte 2: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de choque y métodos de ensayo para barreras de seguridad.	Nov-07
UNE-EN 1317-3	Sistemas de contención para carreteras.	EDITADA
	Parte 3: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de choque y métodos de ensayo para atenuadores de impactos.	Dic-00 REVISIÓN EN IPP
UNE-ENV 1317-4	Sistemas de contención para carreteras.	EDITADA
	Parte 4: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de choque y métodos de ensayo para terminales y transiciones de barreras de seguridad.	Abr-02
UNE-EN 1317-5	Sistemas de contención para carreteras.	EDITADA
	Parte 5: Requisitos de producto y evaluación de la conformidad para sistemas de contención de vehículos.	Jul-08
UNE-EN 1317-5:2008+A1	Sistemas de contención para carreteras.	EDITADA
	Parte 5: Requisitos de producto y evaluación de la conformidad para sistemas de contención de vehículos.	Dic-08

Fuente: Normatividad Carreteras AENOR. España

Con base en el análisis de la revisión acerca del estado del arte del diseño de barreras de contención o defensas metálicas en proyectos viales, es de destacar que aunque existen normas de amplia referencia a nivel mundial (AASHTO, Road Design Guide, AENOR, EN, etc.), son generalizados los criterios para la selección del tipo de barrera, y las especificaciones que deben cumplir de acuerdo con los resultados de las pruebas de impacto a que son sometidas, pero en cuanto a los pormenores acerca de la conveniencia de su localización, dependen siempre del buen juicio del especialista, que no siempre es el mismo diseñador geométrico del proyecto.

4.4 CLASIFICACIÓN GENERAL DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN

Las barreras de contención o defensas laterales se pueden clasificar en tres grandes grupos o sistemas de acuerdo a su ancho de trabajo (ver Tabla 36).

Tabla 36. Clasificación general de barreras por tipologías principales según el sistema

SISTEMA		
Flexible	Semi-rígido	Rígido
Cable de acero triple, poste débil.	Perfil “W” o doble onda simple, poste rígido con separador	Perfil de concreto tipo “F” o perfil New Jersey Muro Vertical Recto
Cable de acero triple, poste débil. (Sistema CASS)	Perfil Triple onda simple, poste rígido con separador	
Cable de acero cuádruple, poste débil. (Sistema Brifen)	Perfil Triple onda simple, poste rígido con separador modificado.	
Perfil “W” o doble onda simple, poste débil.	Perfil Triple onda simple, poste rígido con separador europeo	
Perfil Triple onda simple, poste débil.	Perfil de acero revestido en madera (Sistema Bois de tertu)	

Fuente: Road Design Guide de la AASHTO

4.4.1 Barrera flexible de cable de acero triple:

Consiste en tres cables de acero montados en postes débiles. La función principal de los cables es contener y redireccionar a los vehículos que los impactan y la función de los postes es mantener la elevación de los cables a una altura

constante. La altura del cable superior se ha ensayado para rangos entre 690 mm y 760 mm, los postes pueden estar separados hasta 5 m.

Análisis recientes desarrollados por el Estado de Nueva York en EE.UU., indican que se obtiene un mejor comportamiento del sistema con el cable superior ubicado a 700 mm. Esta consideración se fundamenta especialmente porque un alto número de vehículos que componen el flujo total poseen un perfil delantero bajo.

Estos sistemas han sido ensayados exitosamente con vehículos de 820 a 2.000 Kg, incluyendo vehículos de perfil bajo y camionetas de pasajeros tipo Van (1.800 Kg).

La barrera de cable contiene y redirecciona a los vehículos que la impactan después que se desarrolla tensión suficiente en el cable. Los postes en el área de impacto ofrecen una resistencia marginal, sin embargo, para algunos tipos de postes, se ha demostrado que el espacio entre ellos está relacionado con la deflexión del sistema. En pruebas realizadas para un vehículo de 1.600 Kg a 100 Km/h se observaron deflexiones de 2,1 m a 3,3 m, para espacios entre postes en el rango de 1,2 m a 4,9 m.

La investigación que se ha desarrollado en forma paralela en varios Estados de EE.UU., ha definido consideraciones adicionales al alcance de la barrera, como por ejemplo la aceptación de una pendiente transversal máxima de 1:2 (V:H) en la zona considerada como ancho de trabajo.

Otras consideraciones especiales se refieren al caso de ubicar la barrera en zonas de curvas. En particular se distinguirán dos situaciones, la primera se refiere al caso de la curva a la derecha con la barrera ubicada al costado izquierdo, en esta situación sólo debe disponerse de un ancho de trabajo mayor al considerado en una zona recta. Una situación más difícil de resolver se produce cuando la curva es a la derecha con la barrera ubicada al lado derecho, en este caso, a pesar de ser considerado menos probable, la barrera de cable en cualquiera de sus tipos no se recomienda. Esto tiene especial relevancia cuando se trata de zona de curvas sucesivas o riesgos adyacentes importantes, para los cuales tampoco se recomienda su instalación.

Existen algunas recomendaciones particulares en cuanto a la curvatura mínima y la separación entre postes. Por ejemplo, en el Estado de New York se recomienda instalar la barrera de cables en curvas con radio superior a 220 m y separación entre postes de 4,9 m y, con radios superiores a 135 m con separación entre postes de 3,7 m.

Las principales ventajas que se consideran tienen estos sistemas son el bajo costo inicial y, una eficaz contención y re direccionamiento de una amplia gama de tamaños de vehículos. Las fuerzas de deceleración en los ocupantes del vehículo son bajas. Son apropiadas para zonas con nieve o arena, porque su perfil, casi transparente, facilita los trabajos de mantenimiento y despeje de la carretera. Un aspecto práctico, que puede ser relevante, es su facilidad de transporte y almacenamiento en espacios reducidos, además de su facilidad de instalación.

Las mayores desventajas del uso de barreras de cable se refieren a la inconveniencia de instalarlas en tramos largos; la necesidad de reparación inmediata luego de un impacto, ya que el tramo colapsará completamente; el área despejada que se necesita detrás de la barrera para su ancho de trabajo y su efectividad reducida en las curvas, especialmente cuando estas son de radios pequeños. Además, un aspecto práctico que puede limitar su instalación se refiere al hecho de que esta barrera es muy susceptible de ser robada o sufrir actos vandálicos, ya que su material principal, cable de acero, es útil en muchas otras aplicaciones.

4.4.2 Barrera flexible de cable de acero cuádruple - Sistema Brifen

Un caso especial dentro de las barreras flexibles lo ocupa la barrera de cuatro cables usada ampliamente en rutas de australianas y algunas autopistas de Inglaterra. Es un caso similar a la barrera de tres cables americana, pero cuenta con una disposición simétrica de los cables que permite su empleo tanto como una barrera lateral como una barrera central para medianas. Al igual que los sistemas de tres cables este sistema presenta el mismo buen comportamiento, con niveles de severidad inferiores que otros sistemas más rígidos.

Al momento de elegir este tipo de barrera deberá considerarse su especial diseño, el cual considera la materialización de terminales especiales para realizar el anclaje de los cables. El comportamiento de la barrera depende en gran medida de esta longitud de anclaje, pudiendo ser de 100 m hasta aproximadamente 600 m. Según el monto de estas longitudes es posible inferir un menor tiempo empleado para la instalación de extensos tramos, sin embargo, debe tenerse en cuenta que a mayores longitudes de anclaje, es decir, mayor espaciamiento entre anclajes, el comportamiento de la barrera cambia (nivel de contención y deflexión dinámica).

Para esta barrera se han realizado diferentes pruebas bajo diferentes normativas, obteniéndose buenos resultados en todas ellas. En particular se han realizado ensayos bajo la norma National Cooperative Highway Research Program - NCHRP 350, nivel de contención 3, con buenos resultados. La instalación de prueba de la barrera de seguridad de cables de acero que fue presentada para su

aprobación bajo el sistema NCHRP 350 nivel 3, tenía aproximadamente 109 metros de largo (Distancia entre anclajes). Sus cuatro cables de acero fueron apoyados en los postes de forma S de 1525 mm de largo centrados en placas fijas al suelo cada 3,2 metros. Los postes fueron hechos de acero galvanizado de 6 mm de espesor (grado 36 de ASTM A709) y puestos en un suelo compactado del tipo AASHTO M 147-65.

El cable superior fue fijado en una ranura en la tapa de los postes a una altura de 720 mm sobre la tierra. Los dos cables medios fueron colocados a ambos lados de los postes en una altura de 675 mm y cruzados entre cada espaciamiento de los postes. El cable inferior fue colocado en una altura nominal de 510 mm y era también entrelazado entre cada espaciamiento de postes. La posición de este cable resulta en una barrera simétrica que se puede instalar en una mediana para tráfico en direcciones opuestas, así como de cualquier lado de un camino como barrera lateral. Una vez que están instalados, los cables son tensados a un grado especificado, dependiendo de la temperatura ambiente. Esta tensión varía a partir de los 14,0 kN a 30 grados de centígrados hasta 36,0 kN a los 10 grados centígrados. Esta cantidad de tensión **es 4 a 5 veces mayor** que lo especificada para la barrera de cable de 3-hebras de Estados Unidos y considera una deflexión dinámica perceptiblemente reducida en las pruebas de impacto así como una menor longitud de barrera dañada en un impacto.

Para la primera prueba, un vehículo de 898 kg impactó las cuerdas de acero a 101 Km/h en un ángulo de 20 grados. La velocidad máxima de impacto de los ocupantes fue de 4,6 m/seg y la aceleración máxima de frenado fue de 4,0 g.s. La deflexión dinámica fue de 1,04 metros.

Para la segunda prueba, una camioneta de 1999 Kg impactó la barrera a 99,4 Km/h en un ángulo de 26 grados. La velocidad máxima del impacto de los ocupantes fue de 3,4 m/seg y la aceleración máxima de frenado fue de 2,8 g.s. La deflexión dinámica fue de 2,4 metros.

Las barreras de seguridad con cables de acero presentan limitaciones de uso o no pueden ser empleadas cuando:

- La longitud de la barrera medida en el extremo superior fuere menor que 24 m.
- En curvas horizontales de radio menor que 200 metros.
- Existen curvas longitudinales con un radio menor que 3000 metros.

- En separadores sin obstáculos centrales y con anchos inferiores a:

3, 14 m	Cuando los postes de apoyo se instalan a una distancia de 2,4 m entre sí.
2,75 m	Cuando los postes de apoyo se instalan a 1,2 m entre sí.
2,40 m	Cuando los postes de apoyo se distancian a 1,0 m entre sí. (Estas consideraciones son válidas para longitudes de anclaje de 109 m)
- En separadores cuando el propósito es utilizarlas como cierre en cruces de emergencia o en cruces para mantenimiento, excepto cuando ya existan barreras de seguridad con cables de acero en ambos lados de dichos puntos de cruce.
- Si la altura de la solera adyacente al borde del pavimento excediere en 110 mm cuando la distancia horizontal entre el borde de la barrera y el borde de la solera que mira al tráfico fuere inferior a 1,5 metros.
- Si existieren postes de alumbrado en altura instalados a menos de 10 metros del borde de la superficie pavimentada.
- Adicionalmente, las barreras de cables de acero no deberán ser unidas físicamente a ningún otro tipo de barrera ni barandas de puentes.

Criterios para el diseño de barreras flexibles

La planificación de las barreras de seguridad con **cables de acero** deberá ceñirse a los siguientes requisitos de diseño y detalles:

- Distancia del sistema al borde de la calzada en el eje lateral: La distancia mínima deseable del sistema al borde de la calzada (si existe berma considerar desde el borde de ésta), no puede ser menor a 1,5 metros.
- Distancia del sistema al borde de la calzada dentro del separador: Cuando no existan obstáculos y se considere solamente una barrera en el centro de la mediana y cuando el distanciamiento entre los postes sea de 2,4 metros, la distancia desde el borde de la calzada a la barrera deberá ser de 1,5 metros. En toda situación distinta (por ejemplo: dos barreras paralelas independientes) la distancia desde el borde de la calzada no deberá ser inferior a 1,5 metros.

Otras variables a considerar son:

- Perfil transversal del suelo: El suelo bajo la barrera, y hacia ambos lados de la barrera hasta las soleras deberá estar idealmente nivelado y libre de obstrucciones dentro de los espacios correspondientes a las distancias desde el borde de la calzada y las separaciones entre postes.
- Longitud de la barrera: En aquellos casos en que se instale una barrera de seguridad frente a un obstáculo, la barrera deberá extenderse a plena altura (sin interrupciones por anclajes) al menos 30 metros antes del inicio de la obstrucción y no menos de 30 metros de barrera, después de terminado el obstáculo (en vías bidireccionales), o no menos de 7,5 metros (en vías unidireccionales).

En terraplenes de 6 o más metros de altura, las barreras con cables de acero deberán sobrepasar ambos extremos de estos sectores de 6 metros de altura para evitar que los vehículos que pudieran salirse de su pista en dichos tramos del terraplén ingresen por detrás de las barreras a los sectores de 6 metros de altura. En algunas curvas podría ser aconsejable una mayor extensión de la barrera con el objeto de reducir el riesgo de que algún vehículo pasare por detrás de la barrera.

4.4.3 Barrera flexible de perfil “W” o doble onda simple, poste débil

El sistema de barrera flexible de doble onda y poste débil se comporta muy similar a la barrera de cable, es decir, los postes sirven para sostener la viga, manteniéndola en una elevación apropiada y la viga es el elemento que contiene y redirecciona el vehículo. En este caso se debe contar con un mecanismo de desenganche, que no permita a la viga ser arrastrada al suelo con el poste cuando el sistema es impactado. El tamaño del poste, en general, es similar al sistema de cable y éstos se instalan a distancias que son múltiplos del largo del perfil. Es frecuente encontrar postes a distancias de 2 y 4 m, coincidente con vigas de largo 4 u 8 m. Se recomienda una altura de viga entre 700 y 760 mm.

También son aplicables las consideraciones referidas a la instalación en curvas, tal como en las barreras de cable, pero en este caso existe un factor adicional que favorece su desempeño. Este es el hecho de que la viga de tipo “W” puede recibir una cantidad limitada de esfuerzos de compresión sin experimentar la deformación por pandeo, con esta consideración, se recomienda su instalación en curvas.

En las pruebas de impacto este sistema ha contenido y redireccionado con éxito a vehículos con pesos entre 800 y 1.800 kg. De acuerdo al seguimiento realizado en

EE.UU. a su instalación en terreno por un período de dos años, no ha presentado problemas para contener vehículos de peso hasta 2.000 Kg, aunque no ha sido probada en laboratorio con vehículos de esta masa. El ancho de trabajo en una prueba de impacto con un vehículo de 1.800 Kg de peso a 28° y 95 Km/h fue de 2,2 m. En estas pruebas de impacto el espaciamiento entre postes fue de 3,810 m.

Figura 72. Barrera flexible de perfil “W”



Fuente: www.formet.com.mx/images/defensa.jpg

4.4.4 Barrera flexible de perfil triple onda simple, poste débil

El sistema de barrera flexible de triple onda y poste débil, sólo se diferencia del descrito anteriormente, por el uso de una viga de triple onda. El ancho adicional proporciona a la viga la capacidad de contener una gran variedad de vehículos de diferentes tamaños. Aunque la experiencia con este sistema es muy limitada, es considerado operacional, ya que básicamente es una mejora del sistema flexible con perfil “W”. Se recomienda una altura de viga igual a 840 mm.

El elemento de triple onda, al contrario de la viga de doble onda, no debe ser montada en los postes con una disposición simétrica de los pernos. En pruebas realizadas a una viga de triple onda montada solamente con los pernos superiores, se observó que al ser impactada por un vehículo se produjo una torsión importante. Para prevenir el efecto del mencionado esfuerzo, se recomienda que la viga de triple onda sea montada alternando los pernos, arriba y abajo, en postes sucesivos.

En las pruebas de impacto este sistema ha contenido y redireccionado con éxito a vehículos con pesos entre 800 y 2.000 Kg. En pruebas realizadas con vehículos

de hasta 2.000 Kg se llegó a un ancho de trabajo de 1,9 m. Todas las pruebas fueron realizadas con elementos de espesor nominal de 3,5 mm y una distancia entre postes de 3,810 m.

La barrera flexible no requiere tratamientos terminales especiales. El extremo de cada longitud de barrera termina a nivel del suelo y no impone ningún riesgo mayor que el resto de la barrera.

Figura 73. Barrera flexible de perfil triple onda



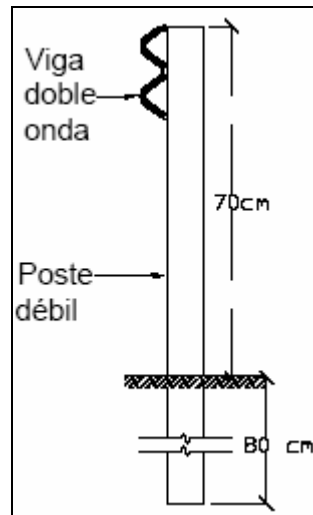
Fuente: Tomado Road Hazard Management Guide –
Department of Infrastructure, Energy and Resources - DIER

4.4.5 Barrera semirrígida de perfil “W” o doble onda simple, poste rígido con separador

El sistema de barrera con viga doble onda y poste resistente es el más utilizado en la actualidad. Se caracteriza por una viga metálica con perfil doble onda (ver Figura 74), montada sobre postes de madera o acero y un elemento separador entre la viga y el poste, que puede estar fabricado de madera, acero, plástico reciclado u otro material resistente.

El buen comportamiento de este sistema de barrera depende, en gran medida, de una adecuada combinación entre resistencia pasiva del suelo y flexibilidad de los postes para una deformación gradual.

Figura 74. Barrera semirrígida de perfil “W”



Fuente: Road Design Guide de la AASHTO

Varios tipos de postes son utilizados, los más comunes en EE.UU. son los de madera, fabricados de piezas con resistencia estructural mínima de 8 Mpa garantizada y con dimensiones de 200 x 150 mm. Alternativamente se utilizan postes metálicos con sección IP o canal. En Europa la regla general es usar postes de acero con sección canal de dimensiones 120 x 80 x 6 mm.

Las barreras semirrígidas, tal como la viga-W, pueden terminarse con varios diseños diferentes de terminales. El tipo a usar en un caso particular dependerá de las características de la instalación.

Por ejemplo, el Terminal acanalado rompible de cable usa postes de madera debilitados y una viga-W acanalada para provocar la rotura del Terminal y girar hacia atrás de la barrera cuando es golpeada por un vehículo.

Figura 75. Terminal rompible acanalado de cable



Fuente: Tomado Road Hazard Management Guide –
Department of Infrastructure, Energy and Resources - DIER

En casos donde se ubica un poste en una zona diferente a la unión entre dos vigas, en EE.UU. se recomienda la instalación de un refuerzo tras la viga para eliminar la posibilidad de corte por cizalle en la sección inmediata al poste. Este refuerzo consiste en una sección de viga de aproximadamente 30 cm de longitud.

El bloque separador tiene como función minimizar la probabilidad de que el vehículo enganche uno de sus elementos estructurales o las ruedas entre los postes, provocando un giro violento. Otra función del bloque separador es mantener la altura de la viga durante la primera fase del impacto, evitando de esta manera que el vehículo sobrepase la barrera.

El bloque separador es normalmente del mismo material que el poste y para estos elementos existe un gran número de diseños alternativos.

Los diseñadores europeos recomiendan la utilización de una golilla rectangular en el perno que sostiene la viga al separador, evitando que esta se desenganche durante el impacto, logrando así que los postes trabajen hasta su deflexión máxima. Cuando el poste se encuentra totalmente abatido, la viga debe mantener una altura adecuada para la contención del vehículo, objetivo que se logra parcialmente con la estructura del bloque separador. La tendencia norteamericana es no recomendar este elemento, argumentando que durante impactos severos la viga debe desengancharse del poste.

Una característica funcional relevante de estos sistemas es que, en general, permanecen con cierta integridad estructural luego de impactos moderados, con esto se elimina la necesidad de reparación inmediata luego de una colisión.

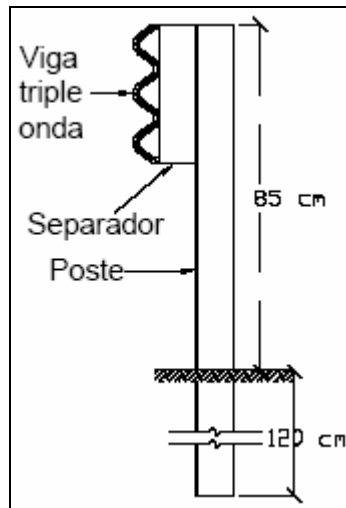
Según pruebas de impacto real, el comportamiento ante impactos de vehículos con peso entre 800 y 2.000 Kg ha sido aceptable. El límite superior está establecido con un vehículo de 2.100 Kg a una velocidad de 95 Km/h, impactando en un ángulo de 21°. En este caso la deflexión dinámica fue de 0,6 a 0,9 m. También fue probado con éxito en camionetas de 1.900 Kg, sin embargo, falló en pruebas con buses escolares con peso de 9.100 Kg, siendo sobrepasada y en algunos casos provocando volcamiento del vehículo.

Las pruebas han demostrado un comportamiento equivalente independiente de utilizar los sistemas con poste metálico o poste de madera, a una separación de 1,905 m.

4.4.6 Barrera semirrígida de perfil triple onda simple, poste rígido con separador

Este sistema es más resistente que la barrera semirrígida de doble onda. Como se observa en la Figura 76, el pliegue adicional en el perfil le permite tener mayor rigidez, con lo cual además, es menos propensa a dañarse durante los impactos moderados. Producto de su mayor altura, este sistema logra la contención de vehículos más altos y grandes que los automóviles estándar. Aunque esta barrera ha sido probada con éxito con una altura de 810 mm, las investigaciones recientes sugieren la instalación de su parte superior a 900 mm.

Figura 76. Barrera semirrígida de perfil triple onda simple



Fuente: Road Design Guide de la AASHTO

En las pruebas de impacto, este sistema ha contenido vehículos con un peso de 820 Kg a 1990 Kg a 97 Km/h y en ángulo de 25°, con un espacio entre postes de 1,905 m. La prueba con un vehículo de 2000 Kg no se ha realizado, sin embargo, se asume que la barrera es adecuada para este requerimiento, por cuanto corresponde a una mejora en el diseño de la barrera de doble onda con poste rígido.

El ancho de trabajo en impactos de automóviles y camionetas con un peso de 1800 Kg fue de 0,5 y 1,0 m, respectivamente. En una prueba para establecer su límite superior de contención, esta barrera montada con su perfil a 810 mm, contuvo y redireccionó a un bus escolar con peso de 9.100 Kg, sin embargo, falló en evitar el volcamiento durante la prueba.

4.4.7 Barrera semirrígida de perfil triple onda simple, poste rígido con separador modificado

Para mejorar el funcionamiento de la barrera con perfil triple onda se ha desarrollado una modificación del bloque separador, que consiste básicamente en un perfil especial con un corte triangular en su parte inferior. Este corte permite que el perfil triple onda se doble durante una colisión, manteniendo, de esta forma, una superficie de contacto vertical mayor cuando el poste y el bloque separador se inclinan hacia atrás.

Los costos de reparación de este sistema suelen ser muy reducidos debido a que las vigas de perfil triple onda sufren, en general, daños menores cuando se

producen impactos de mediana intensidad, por lo que las labores de reposición y mantenimiento se simplifican, pudiendo programarse con anticipación.

El comportamiento del sistema de contención ha sido exitoso en pruebas de impacto con vehículos de 820 Kg y un autobús escolar con un peso de 9100 Kg a 90 Km/h y a 15°, con un espacio entre postes de 1,905 m. El ancho de trabajo en esta prueba fue de 0,96 m. También fue contenido con éxito un autobús interurbano con un peso de 14500 Kg a 97 Km/h y en ángulo de 14°.

4.4.8 Barrera semirrígida de perfil triple onda simple, poste rígido con separador europeo

Este sistema consiste en una viga de perfil triple onda, con un separador de 450 mm de ancho efectivo y postes rígidos. La viga utilizada en este sistema corresponde exactamente a la usada en los sistemas anteriores, la modificación, en este caso, corresponde al bloque separador, el que ha sido desarrollado en Europa.

El bloque separador de esta barrera incluye un sistema disipador de energía que durante un impacto se desplaza gradualmente por aplastamiento, manteniendo la posición vertical del perfil triple onda. La necesidad de incorporar disipadores de energía se justifica por el requerimiento de índice de severidad en la contención de vehículos pequeños.

Los bloques separadores y disipadores de energía, característicos de este sistema, permiten deceleraciones graduales y controladas frente al impacto de vehículos livianos, en estos casos el sistema prácticamente no sufre daños y, en general, sólo se deben reemplazar los bloques dañados. Cuando la barrera es impactada por vehículos pesados los bloques separadores colapsan rápidamente.

Una configuración especial de este tipo de sistemas es la incorporación de un perfil canal inferior, sin bloque separador, ubicado a 300 mm de altura. El perfil inferior es utilizado para evitar el enganchamiento, de vehículos de perfil bajo, entre los postes. En este caso, la parte superior del perfil triple onda va aproximadamente a una altura de 1 m.

Este sistema es considerado uno de los diseños más avanzados y seguros en barreras metálicas, siendo utilizado ampliamente en las carreteras europeas, existiendo en Chile algunas aplicaciones en las cuales se ha demostrado su efectividad y seguridad.

Para la instalación y reposición de este sistema es necesario contar con un número importante de piezas diferentes y se requiere tener supervisión especializada, lo que se traduce en un mayor costo con respecto a otros sistemas. Por todo esto, su utilización es restringida a situaciones especialmente riesgosas.

Este sistema se encuentra certificado de acuerdo a la norma EN 1317 como clase H2, lo que significa que aprobó satisfactoriamente un ensayo de impacto para un vehículo liviano de 900 Kg a 100 Km/h y a 20°. El mismo sistema fue probado exitosamente con el impacto de un bus interurbano de peso 13000 Kg a 70 Km/h y a 20°, obteniéndose un ancho de trabajo inferior a un metro.

4.4.9 Barrera semirrígida de perfil de acero revestido en madera

La barrera de acero recubierta o reforzada con madera se desarrolló como una alternativa estética a los sistemas tradicionales. Este consiste en una viga de acero reforzada con una viga de madera y apoyada en postes de acero recubiertos de madera, o bien, solo de madera. La placa de acero proporciona la continuidad estructural que necesita el sistema y evita el desprendimiento de trozos de la barrera durante el impacto.

Los elementos de madera proporcionan una apariencia más rústica que el acero y el concreto, por lo que normalmente esta barrera se especifica para el uso a lo largo de los caminos bajo la administración de parques nacionales y zonas turísticas en general. En Francia se han desarrollado algunas modificaciones prácticas al sistema utilizado en EE.UU. que consisten básicamente en la utilización de rollizos de madera en lugar de perfil cuadrado o rectangular.

Esta barrera ha sido probada con éxito en EE.UU., para un vehículo de 820 kg a 81 Km/h y un ángulo de impacto de 20° y con un vehículo de 2.000 kg a 81 Km/h a un ángulo de impacto de 25°. Por su parte, en Francia las pruebas entregaron resultados similares y el ancho de trabajo observado fue de 1,7 m.

4.4.10 Barrera semirrígida de perfil de acero revestido en madera, Sistema *Bois de Tertu*

Corresponde a un caso particular de las barreras mixtas metal - madera. Dentro de los tipos disponibles en nuestro país destaca la denominada T 40 y la T 18 4M.

La barrera T 18 4M presenta un nivel de contención certificado N2 y un ancho de trabajo W7. Lo anterior significa que el sistema es capaz de contener adecuadamente un vehículo de hasta 1500 kg, a 100 km/h en un ángulo de 20°, deformándose hasta 2.5m.

La barrera anterior también cuenta con una variante, la denominada T 18 4MS2, que es idéntica a la anterior, salvo que el espaciamiento entre postes es de 2m en vez de 4m. Este dispositivo también fue sometido a ensayos y presentó un nivel de contención certificado N2, pero un ancho de trabajo menor (W5). Lo anterior implica que el sistema es capaz de contener adecuadamente un vehículo de hasta 1500 kg, a 100 km/h en un ángulo de 20°, deformándose hasta 1.7m.

La barrera T 40 presenta un nivel de contención certificado H2 y un ancho de trabajo W4. Lo anterior significa que el sistema es capaz de contener adecuadamente un vehículo de hasta 13000 kg, a 70 km/h en un ángulo de 20°, deformándose hasta 1.2m.

4.4.11 Barreras rígidas de perfil de concreto

Esta clasificación incluye cualquier estructura suficientemente rígida como para no deformarse sustancialmente frente al impacto de un vehículo de la clase para la cual fue diseñada. En esta clasificación se incluyen: los perfiles New Jersey y “F”, el muro liso vertical y pretilas de puentes de varias configuraciones. En algunos casos, se combinan un elemento inferior de concreto y un elemento superior de acero y, en otros, se construyen totalmente de concreto o de acero.

Estas barreras se pueden construir en sitio mediante moldajes continuos o moldajes deslizantes, con o sin acero de refuerzo, dependiendo del diseño. También pueden ser prefabricadas como elementos modulares, los cuales requieren de una conexión fuerte entre ellos, ya que durante un impacto serán sometidos a esfuerzos importantes.

Figura 77. Barrera rígida de perfil de concreto



Fuente: <http://www.highwayguardrail.com>

Esta clasificación abarca sistemas capaces de contener y redireccionar desde el vehículo más liviano hasta buses de 18.000 kg y camiones con remolque de 36.300 kg, a 15° y a 84 km/h. Dado que su deflexión es prácticamente nula, estos sistemas son la solución de preferencia para las situaciones con medianas de sección reducida, puentes y muros de contención de suelos y túneles, donde es esencial minimizar el ancho de trabajo.

Estas barreras pueden funcionar basadas en su peso propio o como parte solidaria del pavimento o berma. Como elemento de contención en un puente deberían ser incorporadas con la losa, de hecho, son la forma preferida de pretil en los EE.UU.

Típicamente, tienen una elevación de por lo menos 80 cm, dependiendo de las características de los eventuales vehículos que las impactarán y también de las condiciones del lugar de emplazamiento. Es importante mencionar que algunos de estos sistemas absorben energía lateral levantando parcialmente el vehículo, factor que debería ser considerado para su uso en túneles o puentes de gálibo limitado.

Una de las ventajas más importantes de las barreras de concreto es que en general no requieren labores de mantenimiento, aún después de múltiples impactos. Su diseño estructural debe ser tal que estos elementos puedan resistir además cambios de temperatura y otros efectos ambientales. Ante un impacto, los segmentos móviles tienen que contar con una armadura suficientemente fuerte, para resistir los esfuerzos impartidos a los elementos durante su desplazamiento.

Al ser chocadas por vehículos pesados a ángulos muy abiertos, es decir, mayores a 20° , es probable que los elementos estructurales de estos vehículos impacten directamente en el concreto, provocando daños a la barrera.

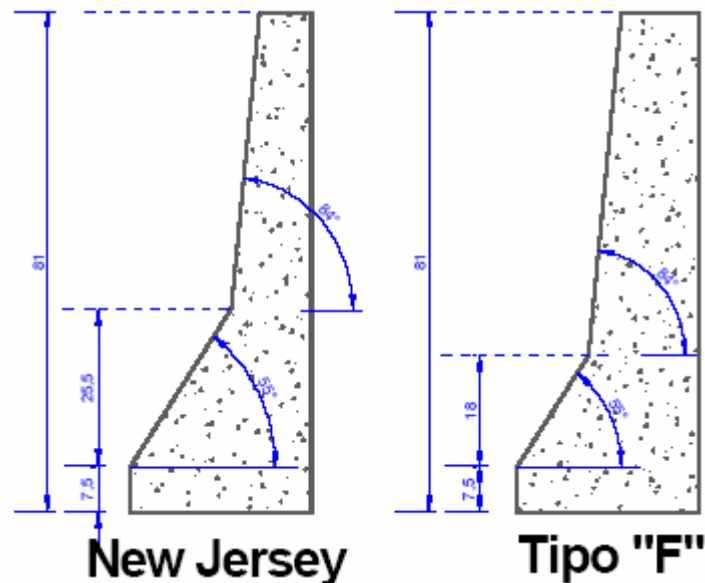
El perfil de este tipo de barreras puede contener algún elemento de diseño ajeno al sistema de contención propiamente tal, como por ejemplo espacios para vegetación, bordes superiores irregulares, barandas de madera, texturas, etc.

4.4.11.1 Las formas “F” y New Jersey

El sistema más difundido de esta tipología de barreras corresponde a un diseño desarrollado en los años 30 por el Sr. Wesley Bellis en el Estado de New Jersey, EE.UU. El sistema es conocido y utilizado hasta hoy como la barrera “New Jersey”. Con una pequeña, pero importante variación en las dimensiones de este diseño, se da origen al llamado Perfil “F”, siendo éste el diseño más evolucionado y acorde a las características de los vehículos actuales.

Para entender mejor como funcionan todos los sistemas rígidos se puede pensar que conceptualmente existen dos extremos, el muro liso vertical y un muro inclinado a poco ángulo con el horizonte (ver Figura 78), digamos por el momento de 20° . Teóricamente, un vehículo errante chocaría de lado con el primero, comprimiendo y deformando la carrocería y, de esa manera, absorbiendo su energía lateral. Por el otro extremo, teóricamente, un vehículo errante empezaría a subir por los 20° del muro inclinado, consumiendo su energía lateral por tener que superar las fuerzas gravitacionales. En teoría, llegaría a una elevación donde el vehículo empezaría a bajar del muro debido a la fuerza de gravedad. Obviamente, para este segundo caso hipotético, se tendría que contar con un muro de grandes proporciones. Se podría además argumentar, que a un ángulo mayor con la horizontal, se necesitaría menos muro, pero que al seguir aumentando el ángulo, la inclinación llegaría a ser tal, que tendería a volcar los vehículos, por ejemplo si el ángulo fuera de 75° . También debería ser obvio que a cierto ángulo, los vehículos no subirían el muro inclinado, más bien, chocarían con él, comportándose igual que el muro liso vertical.

Figura 78. Barreras de concreto tipo New Jersey y "F"



Fuente: Road Design Guide de la AASHTO

Al ser impactados, los perfiles New Jersey y "F" funcionan primero como un muro inclinado a 55° y después funcionan como un muro liso vertical. En el caso de la forma New Jersey, el muro inclinado sube verticalmente hasta un máximo de 33 cm, medidos de la superficie de rodadura adyacente, y, a esa elevación, se convierte en un muro liso, casi vertical, a un ángulo de 84° . En el caso de la forma "F", la transición de muro inclinado a muro vertical ocurre a una elevación de 25,5 cm.

De esta manera, en el caso de impactos a ángulos menores, la componente horizontal de la reacción (normal al muro inclinado) tiende a empujar lateralmente los neumáticos del vehículo, causando su contención y redirección sin lograr contacto con el muro vertical. La componente vertical de la reacción (normal al muro inclinado) tiende a levantar el vehículo.

En el caso de impactos a ángulos mayores, además de las fuerzas descritas anteriormente, la carrocería del vehículo hará contacto con el muro vertical, deformándose y absorbiendo energía lateral, logrando el sistema de esta manera contener y redireccionar el vehículo.

La altura donde se intersectan los dos planos, uno a 55° y el segundo a 84° , es crítica para el buen funcionamiento de estos perfiles. La diferencia de 7,5 cm de elevación entre el perfil New Jersey y el perfil "F" es importante, ya que en los años 70 y 80 se notó un aumento significativo del parque de vehículos pequeños,

los cuales tendían a volcarse al impactar con el perfil New Jersey. Un estudio definió, basado en ensayos a escala real, la elevación ideal para la intersección de los dos planos. Se encontró que bajándolo de 33 a 25,5 cm, se limitaba el fenómeno del volcamiento de vehículos pequeños.

El perfil de estas barreras lo constituyen tres segmentos demarcados con puntos de quiebre, un segmento inferior vertical, un segmento intermedio inclinado a 55° y un segmento superior inclinado a 84° . Cada uno tiene una función importante para el sistema, tal como se describe a continuación:

- **Segmento inferior vertical**

La sección inferior, de altura 75 mm, está diseñada con un corte vertical por un requerimiento práctico del diseño general de estructuras de concreto. En efecto, el ángulo de 55° podría iniciarse desde el pavimento mismo, pero esto generaría una zona débil en la estructura de concreto, lo cual es subsanado por el plano vertical de 75 mm. La altura de 75 mm se determinó en base a numerosas pruebas, obteniéndose que éste era el valor máximo que evitaba un efecto negativo ante un impacto de un vehículo pequeño.

Si este elemento del diseño es ampliado por cualquier razón, se generan dos problemas importantes. Primero, se eleva el punto de transición entre el plano de 55° y 84° , aumentando la posibilidad de volcar vehículos pequeños. Segundo, algunos vehículos no podrían pasar por encima de este segmento, anulando la efectividad de la barrera. Si la dimensión del segmento inferior es disminuida, no se afecta el funcionamiento de la barrera.

- **Segmento intermedio, inclinado a 55°**

La función de este segmento es desviar la trayectoria del vehículo verticalmente, lo que se consigue con el impulso inferior a la rueda que impacta. Para la mayoría de los casos, este segmento provoca que el primer impacto del vehículo contra la barrera sea en las ruedas y no directamente en su carrocería. Para impactos a baja velocidad el vehículo podrá retomar su pista de circulación con daños menores o, en muchos casos, sin daños.

Las pruebas de impacto real han demostrado la conveniencia de levantar de manera moderada el vehículo durante el impacto, ya que esto contribuye a eliminar el contacto entre los neumáticos y el pavimento, facilitando el redireccionamiento horizontal del vehículo.

- **Segmento superior, inclinado a 84°**

Por último, el segmento superior tiene la función de evitar que el vehículo sobrepase la barrera y es el último elemento responsable del redireccionamiento horizontal de la trayectoria del vehículo. La mayor parte de la energía disipada por el roce entre el vehículo y la barrera también se produce en este tramo. El pequeño ángulo que mantiene con el eje vertical se relaciona con la conveniencia de mantener el centro de gravedad de la barrera a una baja altura y, adicionalmente, contribuye a disminuir la severidad del impacto horizontal.

En relación a las dimensiones de estas barreras, es necesario tener presente lo siguiente:

- La altura entre la superficie del pavimento adyacente a la barrera y el quiebre entre los planos de 84° y 55° nunca debe superar los 330 mm (perfil New Jersey) y es aconsejable que no fuera menor de 180 mm.
- La altura máxima del segmento inferior nunca debe superar los 75 mm. No hay límite inferior.
- La altura total de la barrera se recomienda en 810 mm, sin límite superior. Nunca debe ser inferior a 740 mm.

El perfil New Jersey y el perfil “F” han sido los sistemas de barreras más probados en los últimos años. En la mayoría de los casos, el elemento de prueba ha sido una sección típica del “perfil”, con lo que se asume un comportamiento absolutamente rígido del elemento de contención.

Las pruebas se han realizado con todo tipo de vehículos, demostrando un comportamiento adecuado en el rango de 820 a 2.000 kg. Ocasionalmente, ha demostrado también un comportamiento adecuado en la contención de autobuses, con un peso aproximado de 8.000 kg y en impactos moderados. El perfil utilizado en estos casos tiene una altura de 810 mm.

Un perfil New Jersey con una altura de 1.070 mm ha contenido de manera razonable un camión con acoplado, con un peso de 36.300 kg, impactando a 15° y una velocidad de 84 Km/h.

El comportamiento de este tipo de barreras no se considera regular cuando son colisionadas en forma moderada por vehículos pesados, mostrando un desempeño aleatorio en cuanto a la estabilidad y redireccionamiento, teniendo en la mayoría de los casos como consecuencia el volcamiento del móvil.

Se han realizado pruebas con perfiles de mayor altura para contener de manera estable vehículos con centros de gravedad más altos, sin embargo, estas no han sido concluyentes en cuanto a la conveniencia de su utilización. Es decir, se reconoce que funcionan, pero no está claro si tienen una buena relación costo/beneficio.

Por último, se debe mencionar que estos sistemas son usados más comúnmente como barrera central, sin embargo, también es adecuado en ubicaciones laterales. En este caso, se puede omitir la construcción del perfil simétrico en la parte posterior, pero se debe asegurar la estabilidad estructural de la barrera o proveer los anclajes adecuados entre elementos y/o el suelo.

4.4.11.2 Muros verticales

El diseño más simple de los sistemas rígidos es un muro recto vertical de concreto, que tenga una estructura suficientemente resistente como para contener todo tipo de vehículos. Este sistema presenta ventajas desde el punto de vista estructural, ya que evita que sea sobrepasado o desplazado casi por cualquier tipo de vehículo, sin embargo, las consecuencias para los ocupantes, especialmente en vehículos pequeños, pueden ser muy graves, ya que toda la disipación de energía se realiza mediante la deformación del vehículo.

En situaciones de velocidades de operación de 50 Km/h o menos, muros verticales, cunetas altas y soleras de 20 a 50 cm pueden contener y redireccionar algunos vehículos de una manera segura. No obstante, el proyectista debería siempre consultar las referencias antes de incorporar en cualquier obra una forma o configuración que no ha sido aceptada.

- **Muro vertical de concreto**

El muro liso vertical de concreto ha dado buenos resultados, tanto del punto de vista teórico como práctico. La ventaja principal de esta forma es su fácil construcción y es especialmente útil en medianas restringidas. Su resistencia a un impacto será función de su diseño estructural. Dependiendo de la cantidad de acero incorporado, las características del concreto y sus dimensiones, estas barreras pueden ser capaces de resistir cualquier vehículo.

- **Muro vertical de mampostería de piedra**

Este sistema es esencialmente similar al muro vertical de concreto, con la diferencia que se recubre con mampostería de piedras planas con juntas de mortero, entregando una apariencia rústica, la cual tiene gran aceptación en vías

escénicas, de atractivo turístico o reservas naturales. Cualquiera sea el elemento de terminación exterior del muro, se deben evitar los diseños que contengan protuberancias o elementos irregulares que puedan enganchar o penetrar el vehículo. Muchas veces su diseño complementa otros elementos de infraestructura como muros de contención de la plataforma del camino o bien como elemento de protección a la caída de rocas o materiales similares.

El muro vertical ha sido probado con un automóvil de 820 Kg que impacta a 97 Km/h y a 15°, y también con una camioneta de 1.950 Kg a 97 Km/h, a un ángulo de 25°. En ambos casos el muro utilizado corresponde a superficie lisa de altura 690 mm. Este sistema, en general, no presenta problemas de resistencia en la contención de los vehículos, sin embargo, los daños que pueden sufrir los ocupantes de ellos pueden ser de consideración.

- **Transiciones**

Las secciones de transición son necesarias para proporcionar la continuidad estructural y geométrica en la unión de dos sistemas de barreras distintas. Un caso de especial atención para este tipo de uniones lo constituye la conexión de barreras flexibles o semirrígidas con barreras de puentes, sistemas rígidos o cualquier otro elemento de mayor rigidez como un muro o un pilar. En estos casos debe cuidarse de manera especial el proveer una transición gradual desde el punto de vista estructural.

Figura 79. Transición desde barrera flexible a barrera de puente



Fuente: Speier, Greg. Presentación Auditorías de Seguridad Vial
herramienta del siglo 21 para modernizar la infraestructura de
seguridad vial.

Donde se encuentren dos tipos diferentes de barreras, es necesario construir un tratamiento de transición en la unión de las dos barreras. Por ejemplo, para conectar una viga-W (semirrígida) a una barrera de hormigón (rígida) de puente se requiere un elemento de transición de rigidez suficiente para asegurar que un vehículo que se deslice a lo largo de la barrera semirrígida deformable no se enganche en la barrera rígida no indulgente.

Figura 80. Ejemplo de una mala práctica: Guardavías no ensayados



Fuente: Speier, Greg. Presentación Auditorías de Seguridad Vial herramienta del siglo 21 para modernizar la infraestructura de seguridad vial.

La pieza de transición en este caso se forma mediante una rigidización progresiva de la viga-W por una corta distancia que conduzca hasta la barrera rígida. La rigidez adicional se genera acercando los postes y duplicando la viga-W. Estas características se muestran en la siguiente fotografía.

Figura 81. Transición desde barrera semirrígida (viga-W) hasta barrera rígida



Fuente: Tomado Road Hazard Management Guide – Department of Infrastructure, Energy and Resources - DIER

En la mayoría de los casos se puede utilizar un refuerzo del sistema más flexible, con el objeto de disminuir gradualmente la deformación prevista para esta tipología. La situación que debe evitarse con un tramo de transición, es que el vehículo durante el impacto provoque un embolsamiento en el sistema flexible antes de llegar al elemento rígido y, de esta forma, impacte frontalmente con éste.

El largo de una transición debe ser entre 8 y 12 veces la diferencia entre las deflexiones previstas para los sistemas involucrados. Por ejemplo, si un sistema flexible que tiene una deflexión prevista de 1,5 m, debe unirse con un sistema semirrígido con una deflexión prevista de 0,3 m, entonces la longitud de la transición debe ser como mínimo de 10 m, con una rigidización gradual del sistema flexible.

Figura 82. Barrera de cables de alambre usada como barrera de mediana y transición con barrera de agujero cuadrado



Fuente: Tomado Road Hazard Management Guide
– Department of Infrastructure, Energy and
Resources - DIER

A manera de conclusión, como guía general se recomienda considerar los siguientes elementos para la definición de un sistema de contención:

- Fotografías o esquemas de la barrera
- Una descripción breve que muestre, a modo de referencia, los elementos principales, materiales, dimensiones, características estructurales y los parámetros geométricos relevantes como la separación entre postes, altura total, anclajes, uniones, etc. En cualquier caso, antes de la selección de un dispositivo específico, el especialista debe obtener detalles completos del sistema, incluyendo planos normalizados y definiciones precisas.
- Una descripción breve de su comportamiento en las pruebas de impacto. Esto permitirá definir de manera referencial el rango de vehículos para los cuales el sistema ha sido probado con éxito. Se recomienda usar las pruebas normalizadas para realizar una comparación cuantitativa.

Si el elemento existe en terreno, y están disponibles los datos de su comportamiento en servicio, estos datos son antecedentes adicionales valiosos para el diseñador, ya que permiten conocer instalaciones modelo y su comportamiento frente a situaciones no cubiertas por las pruebas de impacto real.

Figura 83. Barrera de concreto con barandas metálicas



Fuente: Speier, Greg. Presentación Auditorías de Seguridad Vial herramienta del siglo 21 para modernizar la infraestructura de seguridad vial.

4.5 CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD DE BARRERAS DE CONTENCIÓN

Las pruebas de impacto real, son los procedimientos que definen las condiciones de prueba para elementos de contención. El Reporte 350 de la National Cooperative Highway Research Program, *“Recommended procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features”*, describe las etapas de verificación para las características de las barreras de seguridad en las fases experimental y operacional. Una barrera que ha pasado la prueba de impacto de manera aceptable, pasa a la fase de evaluación operacional o de servicio.

Estas barreras son clasificadas como operacionales y se recomienda su instalación con un monitoreo permanente y continuo. La determinación de si una barrera debe ser utilizada o no, es una facultad del organismo regulador y la autoridad competente. Adicionalmente, una barrera puede ser considerada operacional si se ha usado por un periodo extendido de tiempo y demuestra que su comportamiento real es satisfactorio en lo que se refiere a construcción,

mantenimiento y la experiencia de los accidentes ocurridos. Esto no evitará que un determinado organismo pueda considerar cualquiera de las barreras como experimental para los propósitos de determinar si ellas satisfacen sus necesidades particulares.

Es pertinente en este punto, presentar una comparación entre los dos procedimientos internacionales normalizados (ver Tabla 37) para confirmar la aceptabilidad de un sistema de barreras de contención, con base en las pruebas de los elementos considerados para evaluar el desempeño de diferentes tipos de vehículos, aclarando que se trata de la norma americana (NCHRP-350) y la norma europea (EN 1317-2):

Tabla 37. Comparación entre los procedimientos para aceptación de barreras de contención

ELEMENTO	NCHRP - 350	EN 1317-2
Niveles de prueba	6	11
Peso del vehículo Liviano	700 - 820	900 – 1300 - 1500
Peso Camioneta	2000	-
Peso Bus	8000 - 36000	10000 – 16000 – 30000 – 38000
Velocidad (Km/h)	50 -70 - 100	65 – 70 – 80 – 100 - 110
Ángulo	15° - 20° - 25°	8° - 15° - 20°

Fuente: Presentación en el Curso: “Sistemas de Contención Vial Conceptos y Últimas Tecnologías”. Preparado y presentado por Ing. Gregory Speier. Speier Road Safety Solutions. Octubre de 2008, Buenos Aires.

Normalmente, el sistema más adecuado será uno que cumpla con los requerimientos básicos y, además, tenga a lo largo de la vida útil de la barrera una relación costo/beneficio menor. La evaluación de costos y beneficios no se encuentra establecida de manera objetiva, sin embargo, la evaluación de los riesgos asociados, las condiciones de operación, la geometría y cualquier otro aspecto relevante permitirán establecer criterios de jerarquización adecuados para una evaluación técnica del especialista.

De otra parte, los criterios de evaluación establecidos en cada una de estas normas internacionales, se basan en la evaluación de los aspectos que se muestran en la tabla Tabla 38, a continuación:

Tabla 38. Criterios de Evaluación en cada procedimiento normalizado

NCHRP - 350	EN 1317-2
Suficiencia Estructural	Contención
	Deflexión dinámica y ancho de trabajo
Riesgo del Ocupante	Severidad
	Riesgo del Ocupante
Trayectoria vehicular	Trayectoria vehicular

Fuente: Presentación en el Curso: “Sistemas de Contención Vial Conceptos y Últimas Tecnologías”. Preparado y presentado por Ing. Gregory Speier. Speier Road Safety Solutions. Octubre de 2008, Buenos Aires.

Al hacer la selección es importante considerar las condiciones presentes como las condiciones futuras. Normalmente, al mejorar una vía se genera un aumento de la demanda y una posible modificación en la composición del tránsito, lo cual debe ser considerado en la selección de los sistemas.

La omisión de alguno de los sistemas de contención en este documento, no necesariamente implica que no es aceptable su utilización. Hay numerosas barreras actualmente en uso, que no han sido probadas mediante estos procedimientos, pero han demostrado un comportamiento satisfactorio en el tiempo.

En la Tabla 39 se resumen los criterios que se deben tener en cuenta para la selección de una barrera de contención.

Tabla 39. Criterios para la Selección de Barreras de Contención.

Criterios	Comentarios
Capacidad de la Barrera	La barrera debe ser capaz de contener y redireccionar los vehículos para los cuales fue diseñada.
Deflexión de la Barrera	La deflexión esperada no debe exceder el espacio disponible en terreno.
Condiciones del lugar	La pendiente próxima al lugar de emplazamiento de la barrera y la distancia desde la calzada son factores que descartan la utilización de algunos tipos de barrera.
Compatibilidad	La barrera debe ser compatible con los terminales seleccionados y tiene que ser capaz de lograr una transición adecuada con otros sistemas de barreras (como las barreras de puentes).
Costo	Los sistemas de barrera más comúnmente ocupados son consistentes con su costo, no así aquellos más complejos, donde el costo es significativamente mayor.
Mantenimiento Rutinario	Son pocos los sistemas que requieren una inversión significativa en mantenimiento de rutina.
Mantenimiento - Colisión	Generalmente los sistemas flexibles y semirrígidos requieren un mayor mantenimiento después de un choque respecto a los sistemas rígidos.
Almacenamiento de materiales	Mientras menor es el número de sistemas distintos de barreras, menor es el inventario de piezas de repuesto y también menor el espacio de almacenamiento.
Simplicidad	Los sistemas simples, además de su bajo costo, por lo general presentan menos errores de instalación y reparación.
Consideraciones estéticas	Ocasionalmente, la estética de la barrera es una consideración importante en su elección.
Experiencia en terreno	El comportamiento y los requerimientos de mantenimiento de sistemas existentes deben ser monitoreados, para identificar los problemas que podrían ser minimizados o eliminados al seleccionar un sistema diferente.

Fuente: Road Design Guide de la AASHTO

4.5.1 Capacidad de la Barrera

La primera consideración dice relación con la velocidad y composición del tránsito de la vía. Tradicionalmente, la mayoría de las barreras se han desarrollado para automóviles de pasajeros, por lo que ofrecen un bajo nivel de contención cuando son impactadas por vehículos más pesados. Esta situación se torna crítica a velocidades elevadas y ángulos de impacto mayores.

Geometrías restrictivas, volúmenes de tránsito y/o velocidades altas y, volúmenes significativos de vehículos pesados, pueden justificar la instalación de elementos más resistentes. Estos aspectos son especialmente relevantes si las consecuencias ocasionadas por el hecho de que un vehículo traspase la barrera son previstas como graves para los ocupantes del mismo u otros usuarios. De manera similar, se puede considerar el caso en que el volumen de tránsito de vehículos livianos es bajo y la velocidad es reducida, en las cuales se justifica la instalación de un sistema sencillo y de bajo costo.

La barrera seleccionada debe contar con la capacidad de contención y redireccionamiento necesario para el tipo de vehículo solicitante y debe poder responder a las condiciones que impone la situación de riesgo que se quiere resolver.

Así entonces, una barrera rígida puede ser la mejor solución cuando las situaciones correspondan a restricciones geométricas severas, asociadas a un camino con alto volumen de tránsito o velocidad y un significativo flujo de tránsito pesado. También lo será cuando la salida de un vehículo hacia otra calzada pueda ocasionar graves consecuencias a otro móvil.

Se utilizará además una barrera rígida cuando se trate de una obra de paso o puente, donde las consecuencias de traspasar la barrera serían muy graves. En cambio, se podrá utilizar una barrera flexible donde además de lograr la contención del vehículo solicitante, se consiga su adecuado redireccionamiento y además se cuente con el espacio suficiente para la deflexión de la barrera.

En la elección de la barrera de acuerdo a la capacidad de contención, se debe considerar la información proporcionada por las pruebas de impacto y la experiencia obtenida en las aplicaciones existentes.

4.5.2 Deflexión esperada de la Barrera

Todo elemento de contención tiene una deflexión esperada (ver Tabla 40), la cual es una distancia que se define con base en pruebas de laboratorio y

posteriormente a la evaluación en terreno, es ajustada a las condiciones máximas de impacto que podría soportar.

Ante un impacto la energía de choque es absorbida por la barrera y/o por el vehículo, ambos sufren una deformación, en el caso de las barreras, la deformación depende de la rigidez del sistema.

La deflexión esperada para un determinado tipo de barreras nunca debiera superar el espacio disponible para esta acción. La siguiente tabla muestra los diferentes sistemas de barreras y los rangos esperados de deformación después de un impacto.

Tabla 40. Tipos de Barreras y Deflexiones Esperadas

TIPO	DEFLEXIÓN (m)
Flexible	De 1.5 a 3.5
Semirrígida	De 0.5 a 1.5
Rígida	De 0.0 a 0.7

Fuente: Road Design Guide de la AASHTO

Mientras más rígida es una barrera menor será la deflexión y se esperan mayores daños en el vehículo, por lo tanto los sistemas flexibles ocasionaran menor daño a los vehículos, sin embargo, como se interpreta de la anterior tabla, pueden llegar a tener una deflexión de hasta 3.5 m, esta distancia define el ancho de trabajo de una barrera, es decir, debe haber una distancia igual o mayor a la deflexión entre la barrera y el objeto fijo del que se quiere proteger.

Una vez definida la capacidad que requiere tener la barrera, será necesario examinar las características del sitio donde será instalada. Si se dispone de una sección transversal suficiente, es posible proporcionar el espacio necesario para permitir una gran deflexión, ocasionando por consiguiente menores reacciones en el vehículo y en sus ocupantes, será entonces será más conveniente instalar una barrera flexible.

Sin embargo, si el obstáculo, del cual se quiere defender, quedara muy cercano a la barrera, se requerirá un sistema de mayor rigidez, que evite la colisión del vehículo con éste cuando la barrera se deflece con el impacto.

La mayoría de los sistemas semirrígidos pueden rigidizarse en la zona de interés disminuyendo la distancia entre sus postes, con lo cual se reduce la deflexión de la barrera.

4.5.3 Condiciones del Lugar

Algunos elementos cuentan con especificaciones técnicas, suministradas por el fabricante, que limitan las condiciones de su uso. Se debe asegurar siempre que no existan condiciones de instalación incompatibles con estas especificaciones o con otras propias del proyecto.

Muchas veces las condiciones del terreno resultan ser preponderantes al momento de elegir una barrera de seguridad. Amplias bermas y zonas laterales planas aconsejarán el uso de barreras flexibles. Sin embargo, como ocurre generalmente en nuestros caminos, el espacio lateral muy reducido recomendará el uso de barreras semirrígidas, lo que se conseguirá aumentando en algunos casos la profundidad de hincado de los postes y/o disminuyendo su distanciamiento.

Las condiciones del terreno, por si solas, podrán determinar la factibilidad de instalación de un cierto tipo de barreras y estas condiciones deben ser tomadas en cuenta al momento de estudiar el proyecto, ya que de otra manera, no se podrá ejecutar la instalación.

Otro aspecto relevante a tener en cuenta son los requerimientos de soporte del suelo necesarios para la correcta instalación, generalmente estos forman parte de las especificaciones técnicas del producto.

4.5.4 Compatibilidad

En general los organismos encargados del diseño, instalación y mantenimiento prefieren tener en uso una limitada variedad de barreras de contención, por cuanto significa mejorar la especialización en la mano de obra, tener un menor número de piezas diferentes tanto para los terminales como para los empalmes o transiciones con otros sistemas, etc.

Por consiguiente, se debe tratar de promover la uniformidad y versatilidad de las barreras seleccionadas al menos para un mismo camino, provincia, región o concesión. En lo posible, se debe evitar el uso de dos sistemas diferentes en una misma instalación. Cuando esto no sea posible, la recomendación general es que los elementos de unión, aparte de ser compatibles con los sistemas que unen, proporcionen un aumento gradual de resistencia o una disminución del ancho de trabajo, para pasar de la barrera menos resistente a la más resistente.

Existen diferentes tipos de dispositivos de empalme entre las más variadas tipologías de barreras. Estos elementos son provistos por los fabricantes pero el

diseñador debe cuidar de manera especial la compatibilidad estructural de los elementos y la factibilidad de instalación del mismo.

Hasta hace algunos años, las barreras laterales fueron desarrolladas e instaladas con la intención de contener y redireccionar a vehículos con masas superiores a 2000 Kg, sin embargo, la experiencia señaló que, en general, no eran capaces de contenerlos o redireccionarlos cuando chocaban a altas velocidades y en ángulos de impacto importantes. Estos sistemas han demostrado, eso sí, que son efectivos en impactos producidos por vehículos livianos a velocidades razonables (menores a 100 Km/h) y ángulos relativamente tangenciales (menores a 25°).

Por otro parte, los hechos han demostrado que el comportamiento esperado de una barrera diseñada para vehículos livianos, puede provocar consecuencias graves en vehículos más grandes. Reconociendo estos hechos, varios centros de investigación se han esforzado en el desarrollo de sistemas de barreras capaces de redireccionar y contener vehículos pesados.

En general, no existen recomendaciones objetivas para la instalación de elementos de alta contención, adecuados a vehículos pesados, por lo que normalmente se consideran factores subjetivos para ello, tanto en el caso de construcción de nuevas carreteras como en el caso de rectificaciones de vías existentes, dentro de los cuales los más relevantes son:

- El porcentaje de vehículos pesados.
- Condiciones geométricas restrictivas.
- Consecuencias severas asociadas con la penetración de una barrera dentro de un vehículo pesado.

Estos mismos factores se aplican en los proyectos de reconstrucción o rehabilitación de caminos, pero en estos casos, el especialista contará con una ventaja adicional para la evaluación del diseño, como es la historia de accidentes ocurridos en el pasado, el funcionamiento del sistema existente y los costos de mantenimiento asociados a ellos. Si la instalación de una barrera más resistente y segura permite disminuir la gravedad y severidad de accidentes futuros o reducir los costos de mantenimiento, entonces es posible realizar un análisis costo / beneficio para justificar económicamente su instalación.

A continuación se presenta a consideración algunos requisitos generales que pueden ser tenidos en cuenta para la instalación de barreras de contención.

4.6 CRITERIOS GENERALES PARA LA INSTALACIÓN DE BARRERAS DE CONTENCIÓN

La misión fundamental de todo dispositivo de seguridad vial diseñado como sistema de contención, es impedir que un vehículo abandone su calzada de circulación de manera imprevista y golpee un objeto que lo detenga violentamente, caiga por un borde de terraplén o, que las consecuencias previstas del accidente sean mayores que las provocadas por el impacto con la propia barrera.

Una forma eficaz para evaluar el comportamiento de un sistema de contención, lo constituye la aplicación de pruebas de impacto real (*crash test*), las cuales entregan información muy precisa acerca de las condiciones y el comportamiento de los elementos involucrados. No obstante, debe tenerse en cuenta que resulta imposible abarcar todas las posibilidades de choque en un número finito de pruebas, por lo cual, los especialistas han enfocado su trabajo en la estandarización de estas pruebas, con el objetivo de contar con herramientas confiables de comparación entre diversos sistemas probados en condiciones similares.

Una vez revisado el diseño geométrico de un tramo vial, y verificadas las condiciones del terreno, visibilidad, condiciones prevalecientes del ambiente, etc., debe considerarse si la instalación de una barrera de contención reducirá la severidad de accidentes potenciales; es decir, si se cree que las consecuencias de chocar un objeto fijo o de salirse del camino son más serias que los daños que sufrirá producto del impacto con la barrera, entonces se recomienda su instalación. No obstante, existe la posibilidad de encontrar casos donde no es tan obvio determinar si la barrera o los elementos de protección deben instalarse, ya que éstos pueden transformarse en un riesgo mayor.

Como criterio base para el diseño de barreras de contención o defensas laterales, es preciso evaluar cuidadosamente la consistencia en los diseños, el análisis cualitativo de los parámetros operativos del tránsito como la velocidad de diseño, el TPD y la composición del tráfico y una evaluación económica de los costos involucrados.

En este caso, se sugiere evaluar las siguientes opciones:

- Quitar o reducir el riesgo de tal manera que el elemento de contención ya no sea requerido. Esto implica el aumento en las cantidades de cubicación del proyecto.

- Instalar una barrera apropiada o un elemento de contención seguro. Generando especificaciones que obedezcan a criterios de optimización de recursos y seguridad vial.
- Dejar el área descubierta o con medidas de protección menores, como demarcación o mayor distancia de visibilidad. También implica adquisición de predios e incremento en la sección del proyecto.

La tercera opción normalmente sólo sería recomendable para vías con bajos volumen de tránsito promedio diario (TPD), o zonas de velocidad restringida, donde se pueda verificar, además, que la probabilidad de ocurrencia de accidentes sea baja.

Los costos asociados a la instalación de elementos de contención, mantenimiento y los costos involucrados en accidentes, pueden ser comparados en situaciones hipotéticas, donde en un caso se instala la barrera y en el otro no. Este criterio obedece a la premisa básica adoptada por el Ministerio de Transporte, en la cual prima el aspecto de seguridad vial sobre la percepción de los usuarios de la vía, o los niveles de servicio y capacidad.

Con base en estos aspectos, es posible encontrar tres situaciones típicas donde se recomienda la instalación de elementos de contención, las cuales son: bordes de terraplenes, obstáculos laterales próximos y la presencia frecuente de peatones, ciclistas, colegios, etc. Esta última situación se conoce con el nombre de "*espectadores inocentes*".

A continuación se analizan por separado cada uno de los tres casos enunciados anteriormente.

4.6.1 Terraplenes

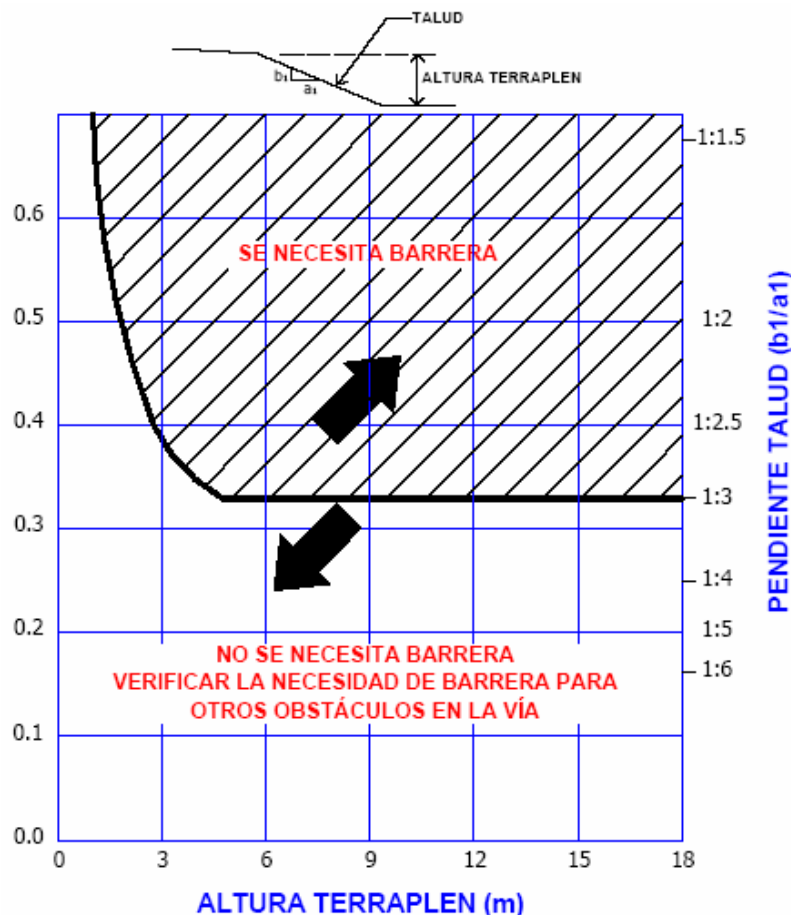
Los factores básicos a considerar que determinan la necesidad de una barrera junto a un terraplén son su altura y pendiente lateral. Estos criterios están basados en estudios de la severidad relativa de abandonar la calzada en una zona de pendiente lateral versus el impacto probable con la barrera de contención.

Los terraplenes con pendiente lateral no transitable, alturas considerables y emplazados en una zona de curvas, se transforman en riesgos adicionales al terraplén propiamente tal a menos que se disponga de una zona lateral despejada de dimensiones adecuadas.

A continuación se muestra un gráfico extraído del Road Design Guide (RDG) de la AASHTO (Figura 84. Recomendación para la instalación de barreras en terraplenes.), que recomienda la instalación de barreras de seguridad considerando la pendiente lateral y altura de terraplén.

Se aclara que la construcción del gráfico en la Figura 84 obedece solamente a una recomendación y, por lo tanto, no asegura que su estricta adopción por sí misma, constituya un diseño adecuado, debiéndose tener en cuenta siempre las condiciones generales del entorno y la visión experta de un especialista.

Figura 84. Recomendación para la instalación de barreras en terraplenes.



Fuente: Road Design Guide de la AASHTO

Con base en la interpretación de la figura anterior, la AASHTO considera que para taludes 1:3 (V:H) o más extendidos no es necesario el uso de barreras, independiente de la altura del terraplén. Para taludes con inclinación superior a 1:3

la colocación o no de barreras dependerá de la combinación entre la pendiente del talud y la altura del terraplén.

Se han desarrollado también, otros gráficos que pueden ser usados como apoyo al diseño, que contienen consideraciones relativas al costo efectividad de las medidas posibles de adoptar. En estos casos, las variables de diseño consideradas son: el tránsito medio diario en el horizonte del proyecto, la longitud de la instalación y la altura de caída. De acuerdo a esto, se puede elaborar un gráfico diferente para cada combinación de pendiente transversal, velocidad de diseño y número de pistas.

Este método de diseño resulta muy complejo de implementar dado que es sensible a la calibración y tiene en consideración un gran número de variables de decisión, sin embargo, no logra reunir todas aquellas que son relevantes para un diseño adecuado y, por lo tanto, solo representan un apoyo en la evaluación de la decisión final.

Por último, es recomendable que la pendiente lateral no tenga un cambio brusco, prefiriéndose las soluciones de borde redondeado, en las cuales los conductores tienen mayor probabilidad de recobrar el control del vehículo por sus propios medios. El redondeo óptimo en los cambios de pendiente del terraplén se define, arbitrariamente, como el radio mínimo que un automóvil, de clasificación estándar, pueda mantener sus neumáticos en contacto con el suelo. Dependerá de la velocidad de diseño, el ángulo entre las pendientes y las características propias de cada vehículo.

4.6.2 Obstáculos Laterales

Un obstáculo lateral es cualquier elemento no traspasable por un vehículo liviano. Entre otros se pueden mencionar, los objetos fijos artificiales como las entradas o salidas de alcantarilla, sifones, postes, puentes y cualquier otra construcción lateral. Los obstáculos fijos naturales pueden ser árboles y rocas. Todos estos condicionan la seguridad de la carretera.

Al final de este punto se entrega una lista con las situaciones más comunes y la medida de mitigación más recomendada en cada caso. Dentro de ellas se pueden distinguir las líneas de acción más evidentes, como son la remoción o traslado de los elementos de riesgo o, las menos intuitivas, como es determinar la distancia adecuada hasta dónde se debe trasladar el objeto o la distancia recomendable entre la barrera y el obstáculo, en el caso de que ésta exista o se prevea su instalación.

Por sobre todo y particularmente en el caso de los obstáculos laterales, debe prevalecer, hasta donde sea posible, como característica fundamental del diseño la implementación de la “zona lateral despejada”. Esta es la única forma de asegurar que los riesgos a los conductores se reducirán al mínimo. En la mayoría de los objetos artificiales que se incorporan a un proyecto de construcción de carretera, el diseñador puede minimizar o eliminar el peligro que ellos presentan al conductor mediante pequeñas modificaciones, que en general, no cambian las características estructurales ni funcionales del objeto en cuestión. Esto es particularmente cierto en el caso de desagües, alcantarillas pequeñas, fosos laterales, entradas de túneles y apoyos de puentes o viaductos. En todos estos casos se puede evaluar la posibilidad de modificar el diseño, haciéndolo “no agresivo” para los conductores y, con ello, se evita definitivamente la instalación de barreras o elementos de contención.

4.6.3 Peatones, Ciclistas y “Espectadores Inocentes”

Un área de preocupación especial de los proyectistas y administradores de carreteras debe ser lo que se ha llamado el “espectador inocente”. En la mayoría de los casos, el criterio convencional presentado en los anteriores numerales, no puede ser aplicado para determinar la necesidad de instalación de barreras.

Por ejemplo, una vía principal, carretera o autopista, puede estar próxima a una zona de escuela, pero la distancia que los separa puede ser insuficiente si se considera el riesgo a que se expone a los escolares, incluso al interior del establecimiento. En este caso no existe un criterio para indicar que la barrera se instale, sin embargo, es evidente la necesidad de un elemento de contención para minimizar el potencial contacto de un vehículo con los alumnos.

Consideraciones similares pueden hacerse en el caso de una zona comercial, pasarelas peatonales, obras de construcción, parada de buses, acceso a instalaciones de público masivo u otras similares. En este sentido, particular atención debe prestarse a situaciones en que por alguna razón del entorno u operacional, se conozca la ocurrencia de accidentes frecuentes, como pueden ser combinaciones de curvas y pendientes, salidas de autopistas, zonas de acumulación de hielo u otras similares.

Las zonas de tránsito peatonal y las ciclovías son casos particulares de lo mencionado anteriormente y deben ser motivo de preocupación especial. La solución más deseable a este problema es separarlas físicamente del tráfico vehicular, pero a veces esta solución suele ser no factible por restricciones de espacio, operativas o costo.

Como en los otros casos, no existe un criterio objetivo para otorgar garantías a los peatones y ciclistas, a pesar de ello se pueden tener en cuenta algunas recomendaciones básicas para una mejor solución. En particular, siempre será recomendable la ubicación de una barrera o una solera alta para separar a los peatones y ciclistas del tráfico vehicular en las calles de baja velocidad. A velocidades superiores a 50 Km/h, un vehículo puede montar las restricciones de este tipo, por lo que debe disponerse de elementos más resistentes, que impidan definitivamente el ingreso de vehículos a la zona peatonal o ciclo vía.

En la Tabla 41 se entregan algunas recomendaciones respecto a la instalación de barreras de contención en las situaciones tratadas en los puntos anteriores.

Tabla 41. Recomendación de instalación para zonas no traspasables y obstáculos laterales.

Ubicación	Recomendación
Cepas de puente, estribos y extremos peligrosos	Generalmente se requiere protección
Construcciones	La decisión debe basarse en la probabilidad de impacto y la naturaleza del obstáculo
Tuberías y muros frontales	La decisión debe basarse en el tamaño, forma y ubicación del obstáculo
Cunetas bajas	Generalmente no se requiere protección
Cunetas altas	La decisión debe basarse en la probabilidad de impacto
Drenajes longitudinales	Aplicables criterios de zona lateral despejada
Drenajes transversales	Se recomienda instalación de protecciones, especialmente si la probabilidad de impacto es alta
Terraplenes	La decisión depende de la altura y pendiente transversal
Muros de contención	Depende de la forma del muro y el ángulo máximo de impacto probable
Marcos de señalización	Cuando están ubicados en zonas aisladas y pistas de alta velocidad, siempre se recomienda su protección
Árboles	Se recomienda el análisis particular de la situación
Zonas de Servicios	Se recomienda protección de acuerdo a las características del lugar.
Cursos de agua permanente	La decisión debe tomarse basándose en la profundidad, ubicación y la probabilidad de caída.

Fuente: Road Design Guide de la AASHTO

Notas:

1. Se recomienda la instalación de barreras para proteger al usuario de la vía de un elemento no traspasable o de un obstáculo a la orilla del camino, sólo cuando está dentro de la “zona despejada” y no se puede quitar o reubicar; además, se debe determinar que la barrera proporcione una mejora de la seguridad bajo las condiciones antes mencionadas.

2. En situaciones límites, con respecto a la decisión de colocación o no de una barrera, normalmente se decidirá por la accidentalidad del lugar

- En tramos rectos, los dispositivos de contención (barreras o defensas) se deben instalar en forma paralela al eje de la vía.
- En curvas horizontales, se pueden tomar otras disposiciones para reducir el ángulo de choque, de tal forma, que el ángulo de confluencia del vehículo impactante no sea superior a los 30°. Necesariamente la barrera debe formar un ángulo con el borde de la calzada, a razón de 20 m de longitud por cada metro de separación transversal.
- Donde entre los extremos de dos barreras de seguridad consecutivas, quede una distancia menor a 50 m, se deben unir en una sola barrera continua, salvo que exista accesos a asentamientos.
- Las barreras no deben colocarse a menos de 0,50 m del borde de la calzada.
- Donde la inclinación del talud sea inferior a 1/2, se recomienda colocar barreras a una distancia mínima de 2.5 m.
- Los extremos de la barrera deben estar empotrados en el talud y se debe colocar una pieza terminal que actúe como amortiguador de impacto.

Acogiendo los conceptos impartidos por el experto en Seguridad Vial, Ing. Gregory Speier, en uno de los curso sistemas de contención vial, específicamente en la capacitación desarrollada con el Instituto Mexicano del Transporte, en 2001, se recomienda también el empleo de barreras rígidas como elementos separadores de los sentidos de circulación, en los casos donde el ancho de la franja separadora es muy reducido.

La Tabla 42 presenta una recomendación acerca del tipo de sistema de contención en función del ancho de la franja separadora.

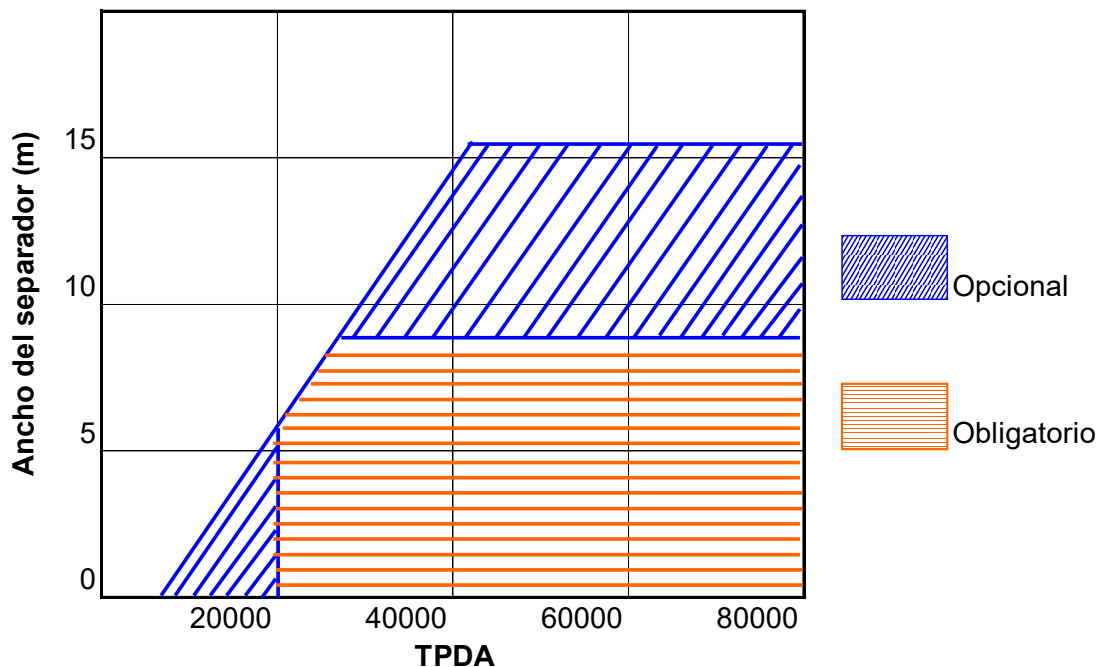
Tabla 42. Relación entre el ancho del separador y la selección de la barrera central

ANCHO DISPONIBLE	BARRERA
Menor a 0.50 m	Delimitar con líneas
0.50 – 0.80 m	Muro liso vertical
0.80 – 2.50 m	Tipo “F” o New Jersey
Mayor a 2.50 m	Sistema Semirrígido
Mayor a 5.00 m	Sistema flexible

Fuente: Speier, Gregory. Memorias del curso sistemas de contención vial, Instituto Mexicano del Transporte, 2001

Por otra parte, la Figura 85 ilustra la necesidad de instalación de una barrera de contención, en función del tránsito diario promedio anual (TPDA) y del ancho del separador.

Figura 85. Recomendación para la justificación de una barrera central



Fuente: Speier, Gregory. Memorias del curso sistemas de contención vial, Instituto Mexicano del Transporte, 2001

4.6.4 Costos y Ciclo de Vida

En el tema de las barreras de contención, generalmente ocurre que el costo de adquisición aumenta a medida que se incrementa su capacidad de contención,

incrementándose con mayor velocidad en aquellos sistemas de alto rendimiento, no obstante, en estos casos los costos de mantenimiento suelen ser decrecientes.

Tanto los costos iniciales como los costos eventuales de los diferentes sistemas de contención son consideraciones importantes en el proceso de selección. En términos generales, el costo inicial de un sistema aumenta en cuanto aumenta su resistencia o capacidad de contención. Los costos de mantenimiento bajan. Por otro lado, un sistema con costos de instalación bajo, frecuentemente requiere un costo mayor de reposición después de un impacto.

4.6.5 Mantenimiento

Esta variable es importante evaluarla en tres ámbitos. El primero, corresponde al mantenimiento periódico o rutinario que requiere cada tipo de barrera. El segundo, se refiere a la reparación necesaria después de una colisión y, en tercer lugar, también se debe evaluar la diversidad de repuestos y partes requeridas por cada alternativa.

- **Mantenimiento rutinario**

Los costos asociados al mantenimiento rutinario actualmente son muy bajos, ya que en el caso de las barreras metálicas cuentan con tratamientos de protección galvanizada, que aseguran una larga duración. Por su parte, las barreras de concreto no requieren labores de mantenimiento rutinario.

En este punto es necesario distinguir el mantenimiento rutinario propio del elemento de contención y los efectos que la barrera puede producir en el entorno de su instalación. Algunas tipologías de barrera favorecen la acumulación de basura, arena u otros materiales en el lugar donde se encuentran instaladas o bien favorecen el crecimiento de vegetación, con lo que obstruyen las obras de drenaje y visibilidad de los elementos. El mantenimiento asociado al despeje y limpieza de las zonas donde están instaladas las barreras no se considera como mantenimiento de la barrera.

- **Colisiones**

El mantenimiento por colisiones incluye todas las reparaciones o ajustes necesarios después de un impacto. La consideración de estos costos es muy relevante en la selección de un sistema, ya que por lo general son los únicos costos de mantenimiento.

El número de impactos que ocurrirá en un tramo de barrera depende en gran medida de: la velocidad y volumen del tránsito, el diseño geométrico y la distancia entre la barrera y la calzada. La extensión del daño provocado por un impacto es función de la resistencia de la barrera. De tal manera entonces, los costos de colisión pueden ser un factor importante en aquellas zonas de geometría restrictiva o de alto volumen de tránsito.

Este último caso es la situación típica a lo largo de vías urbanas de alta velocidad, donde además el trabajo de mantenimiento se hace difícil e interfiere con el tránsito. En estos casos, una barrera rígida de concreto es frecuentemente la barrera seleccionada.

Otra consideración de menor relevancia es la posibilidad de enderezar y reutilizar elementos de un sistema de acero. En general éstos no podrán ser reparados, aún así pueden tener un valor remanente.

- **Almacenamiento y disponibilidad**

Antes de seleccionar un sistema de barreras, se debe realizar un importante esfuerzo para determinar la futura disponibilidad de materiales necesarios para el mantenimiento y reparación, además de los requerimientos de bodegaje. Es necesario ir incrementando el número de piezas de repuesto a medida que estas se van utilizando. Así, obviamente es muy ventajoso el hecho de usar sólo un sistema de barreras, cuyas piezas de repuesto son las mismas para todo el elemento, además de la simpleza que conlleva su almacenamiento.

En resumen, en la selección de las barreras se debe tener presente que convendrá tener la menor diversidad de estos elementos, porque así se disminuyen las necesidades de almacenamiento y las provisiones pueden realizarse por volúmenes mayores.

- **Simplicidad en el diseño**

La simplicidad del sistema de contención también juega un papel importante en la decisión, por cuanto generalmente permitirá desarrollar las labores de instalación, mantenimiento y reparación con mayor rapidez.

4.7 CONSIDERACIONES FINALES SOBRE BARRERAS LATERALES

Como premisa básica, debe considerarse que la instalación de un sistema de contención obedece a una medida correctiva de deficiencias en un trazado geométrico. Por sí misma, no garantiza la reducción del número de accidentes.

No obstante, antes de hacer uso de este recurso, es preciso realizar análisis rigurosos que tiendan a identificar las causas más frecuentes de accidentalidad en sitios críticos, encaminados a generar soluciones de fondo (diseño de parámetros, señalización, etc.), puesto que con barreras de contención lo único que se puede lograr, es reducir la severidad cierto tipo de siniestros.

Las barreras de seguridad no deben ser extremadamente resistentes, sino que tiendan a una interacción dinámica con el vehículo y con su cimiento, absorbiendo parte de esa energía cinética, provocando su encausamiento y desaceleración. Sobre el particular, solamente se aconseja la utilización de dispositivos de contención de vehículos, que hayan aprobado los ensayos de impacto, de acuerdo con las normas homologadas internacionalmente.

De acuerdo con la documentación consultada, las barreras deben ser capaces de contener y redireccionar los vehículos para los cuales fueron diseñadas. La selección del tipo de barrera depende fundamentalmente de las condiciones propias del sitio y de las características de la carretera donde será colocada.

Así, por ejemplo, dependiendo del espacio disponible entre el borde de la calzada y el obstáculo, se podrá instalar una barrera más o menos flexible. De ahí la existencia en el mercado de varios tipos de barrera, según las necesidades que se determinen: rígidas, semirrígidas o flexibles. Los diseñadores de este tipo de elementos de protección realizan experimentos en vivo, para determinar cuál va a ser el comportamiento del vehículo y de la baranda después del impacto, y de esta forma poder garantizar la capacidad de la barrera. Por lo tanto, estas empresas garantizan el producto como un sistema integral, es decir incluidas las barandas, los postes, los separadores, la tornillería, etc.

De modo que a la hora de contratar la colocación de barandas metálicas, se debe considerar esta circunstancia, y no combinar elementos que no son los originalmente recomendados por el fabricante. Por ejemplo, no se debe cambiar la distancia de los postes indicada por el fabricante, ni colocar postes diferentes, ya que estos podrían ser más fuertes o más débiles que los ensayados en el experimento, y entonces en la práctica, el sistema no se comportaría como el tipo de barrera que fue concebida, es decir flexible, rígida o semirrígida.

La selección de una barrera de contención debe atender a las características propias de cada tramo de la vía de circulación, fluidez del tráfico y severidad de los accidentes que se pretende evitar.

Por su funcionalidad, se sugiere la utilización de dispositivos de contención (barreras o defensas), que cumplan con las especificaciones técnicas de diseño, de acuerdo con los ensayos de prueba estandarizados en las normas homologadas internacionalmente.

No existe un sistema de barreras ideal, capaz de contener y redireccionar a toda clase de vehículos a cualquier velocidad y bajo cualquier condición de instalación. Sin embargo es importante que los sistemas existentes se encuentren debidamente instalados y cumplan con los estándares mínimos de seguridad.

De acuerdo con la bibliografía consultada, a veces, los organismos viales instalan barandas de defensa muy largas y, por eso, gastan dinero para aumentar el peligro lateral. Otras veces, los organismos viales instalan barandas de defensa muy cortas y, por eso, pierden reducciones de beneficio- costo en el peligro al costado del camino.

Lo que se necesita es un método amplio y lógico para determinar la longitud necesaria de la baranda como una función de la configuración lateral y longitudinal del talud del terraplén, tamaño de objeto fijo y separación lateral, volumen y velocidad del tránsito, curvatura del tramo, y un análisis beneficio/costo incremental. El resultado puede tomar una o más formas incluyendo procedimientos de pasos, ecuaciones, gráficos, y tablas. Hay que esforzarse para hallar la óptima solución de compromiso entre precisión y utilidad de los procedimientos:

1. Desarrollar un marco para analizar el cambio de gravedad incremental asociado con la protección de baranda de defensa para taludes de terraplén en caminos rectos y curvos como una función del ancho de zona-despejada, incluyendo la consideración de taludes perpendiculares y masas de agua peligrosas al pie del talud.
2. Desarrollar un marco para analizar el cambio de gravedad incremental asociado con la protección de baranda de objetos fijos en secciones rectas y curvas para un rango de configuraciones esperadas.
3. Analizar la solución de compromiso de beneficio/costo para determinar la longitud de la barrera de contención en función del tamaño del objeto fijo y

la ubicación lateral, configuración del talud lateral, geometría, volumen de tránsito, número esperado de impactos y velocidad del tránsito.

4. Aplicar análisis de sensibilidad para determinar dónde pueden usarse generalizaciones razonables para simplificar la aplicación.

Este Manual Guía para la Señalización, es un reto para que, de manera coordinada, los distintos organismos territoriales del sector Transporte, Universidades, Institutos de Investigación, Empresas Consultoras, Constructoras y Proveedoras en los temas de gestión vial, aporten experiencias para el diseño de normas que respondan a las características específicas del tráfico predominante en cada uno de los casos expuestos.

5 GUÍA PARA LA UTILIZACIÓN DE SEÑALIZACIÓN ESPECÍFICA

En este capítulo, se da a todos los ingenieros encargados de realizar los diseños de señalización de las carreteras, una guía para la utilización de algunas señales para las cuales existen criterios específicos para su uso, adicionales a los establecidos en el Manual de Señalización. Básicamente se presenta una guía sobre el uso para señales muy relevantes en las carreteras colombianas tales como: Pare, Ceda el paso, prohibición de giros, Vehículos pesados a la derecha, Prohibido adelantar, No estacionar, Velocidad máxima, Curvas peligrosas, Delineadores de curva, entre otras.

Para ello se analizan aspectos de normatividad, desarrollo y metodologías que han sido exitosas en otros países y que pueden ser aplicables en el contexto colombiano, dadas las condiciones topográficas, de operación del tránsito, de diseño geométrico de las carreteras nacionales y su aplicación dentro del marco de proyectos y políticas de desarrollo vial en Colombia, los aciertos que en su uso contempla el MSV colombiano, así como las deficiencias que se ven complementadas por lo que otros manuales, normas y documentos recomiendan para estos casos.

5.1 SEÑAL SR-01 - PARE

Esta señal se emplea para indicar al conductor que se debe detener por completo, antes de entrar a una carretera principal, rampa, acceso, cruce ferroviario o acera peatonal que cuenta con prioridad de paso. Los vehículos regulados por una señal de Ceda el Paso tienen prioridad de paso sobre los regulados por una señal de Pare; además, los peatones que se encuentren en la calzada también tienen prioridad de paso sobre los vehículos detenidos por una señal de Pare.

Dice el MSV colombiano que se hará uso de la señal especialmente en los siguientes casos: en la intersección con una vía de mayor jerarquía, en el cruce a nivel de una calle o carretera con un ferrocarril, en la intersección de una calle con una carretera, en la intersección de dos vías, en la cual la prelación de paso no está definida, en los retenes de tránsito, policía, aduana o en las estaciones de peaje y de pesaje, y en cualquier tipo de intersección donde la combinación de altas velocidades, distancia de visibilidad restringida, registro de accidentes, etc.; sin embargo, se hace siempre necesario detener el vehículo completamente para evitar accidentes.

La señal de Pare se puede emplear en conjunto con placas complementarias que se colocan debajo; en las zonas urbanas, uno de los usos más comunes es en combinación con las señales de sentido obligatorio de la vía (ver Figura 86).

Con el propósito de reforzar el cumplimiento de la prioridad de paso de los flujos peatonales, se debe utilizar un ensamble de la señal de Pare con una placa complementaria debajo con el mensaje “PRIORIDAD PEATONES”, escrito en dos líneas. Su uso estará reservado para la regulación del paso de vehículos en donde se encuentre instalado un cruce tipo tarima o pompeyano y se debe instalar a ambos lados del mismo. Ver Figura 87.

En la misma figura, se pueden observar otras combinaciones comunes de las señales de pare; la combinación con la señal SP-54, Paso a nivel, cuando se interceptan una o varias líneas ferroviarias. Los dispositivos o faros intermitentes con luz de color rojo se pueden usar como complemento de la señal, en cruces ferroviarios, o en vías de alta velocidad, o donde se quiera dar un énfasis especial a la señal.

Figura 86. Señales de Pare y Sentido de circulación



Fuente: Elaboración propia

Figura 87 Combinaciones para la señal de Pare



Fuente: Elaboración propia

Debido a que la señal de Pare causa un inconveniente significativo a los automovilistas, sólo se deberá usar cuando las condiciones de operación realmente lo justifiquen; ésta señal deberá emplearse en una intersección o cruce cuando hayan altos registros de accidentalidad debido a velocidades excesivas, visibilidad restringida o la combinación de ellas.

Se tiene que estudiar la posibilidad de implementar otro tipo de medidas menos restrictivas que la señal de Pare, antes de proceder a su colocación, como el uso de señales de Ceda el paso o la implementación de una glorieta reducida, de acuerdo a un estudio de ingeniería para determinar demoras. Nunca se utilizará una señal de Pare para regular el flujo de una autopista, así como tampoco para regular los flujos que ingresan a ésta (se usarán señales de Ceda el paso para este fin).

En cuanto al lugar de localización de la señal de Pare, esta señal se deberá instalar en el punto donde el vehículo debe detenerse o tan cerca al punto como sea posible y se debe complementar con una línea de pare, que puede incluir la palabra pintada en el pavimento.

Donde exista un cruce peatonal con prioridad, la señal se instalará 1,20 m antes del costado del cruce más cercano al tránsito que se aproxima, se instalarán al lado derecho de la calzada, y se podrán replicar al lado izquierdo en una vía de 2 carriles, o en una isleta según sea el caso. Bajo ninguna circunstancia una señal de Pare y una señal de Ceda el paso pueden instalarse en un mismo poste; asimismo, si su visibilidad es restringida, se instalarán con anticipación señales SP-29 - Prevención de pare.

Es un error utilizar las señales de Pare, como dispositivos de control de velocidad; su utilización implica algún tipo de inconveniente para los usuarios de vehículos por la demora que puede implicar la obligación impuesta por la señal de detenerse.

En caso de tener dos vías con volúmenes de tránsito aproximadamente iguales, se escogerá la vía sobre la que se instalará la señal de Pare de acuerdo a los siguientes criterios de selección⁴⁷:

- La vía que tenga la mayor cantidad de conflictos con cruces peatonales o zonas escolares.

⁴⁷ Tomados del MUTCD

- La vía con la menor distancia de visibilidad, o que ya cuente con dispositivos de control y reducción de la velocidad, como resaltos.
- La vía que tenga la mayor distancia de flujo ininterrumpido (desde que no se trate de una vía principal).
- La dirección con la mejor distancia de visibilidad al tráfico con el que se entrará en conflicto.
- Siempre se instalará la señal de Pare de forma que sea el número de vehículos que se ven obligados a detenerse sea el mínimo posible.

Por otro lado, el manual británico, recomienda que si las distancias de visibilidad son menores que las consideradas en la Tabla 43, se debería considerar el uso una señal de Pare. Para este mismo fin se puede observar la Figura 88.

Tabla 43. Distancia mínima de visibilidad de cruce para la ubicación una señal de PARE

Velocidad de aproximación, percentil 85 (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Distancia mínima de visibilidad (m)	10	15	25	35	45	55	70	85	100	120	140

Fuente: Elaboración propia, con base en valores del manual británico

Figura 88 Ubicación de señal de Pare en función de la velocidad de aproximación (percentil 85) y la distancia de visibilidad en el cruce



Fuente: Elaboración propia, con base en criterios suministrados por el manual británico

En el manual británico, se recomienda medir la visibilidad sobre el borde de la vía principal desde un punto ubicado a 1,05 m. de altura sobre la línea divisoria de carriles central de la vía secundaria, a una distancia de entre 3 y 4,5 m. del borde de la vía principal; la visibilidad se tendrá que cumplir en ambas direcciones de la vía principal. La señal de Pare se puede ubicar como mínimo a 1,5 m. de la línea de "pare" correspondiente, y a 6 m. alejado de ella como máximo.

Figura 89 Ubicación de señal de PARE en intersección vial



Fuente: Elaboración propia

5.2 SEÑAL SR-02 - CEDA EL PASO

Menciona el MSV colombiano sobre el uso de la señal de Ceda el paso lo siguiente:

“Esta señal se empleará para notificar al conductor la prelación de la vía en la cual se va a incorporar. Deberá colocarse en todo lugar en donde se requiera disminuir la velocidad o detener el vehículo, para ceder el paso a los que circulan por la vía prioritaria e ingresar a ésta sólo cuando pueda hacerlo en condiciones que eviten totalmente la posibilidad de accidente.

Se usará principalmente cuando se acceda a vías con prelación de paso a través de carriles de aceleración, en glorietas y en donde el estudio de ingeniería de tránsito así lo indique”.

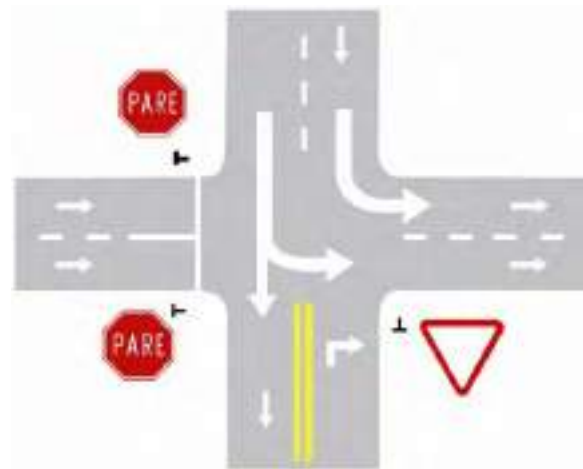
La señal de Ceda el paso se usará para asignar la prioridad de paso en algunos accesos o rampas de una intersección, en particular para los giros a la derecha canalizados o con buena visibilidad, en todas las entradas de una glorieta, y para las corrientes principales de una carretera cuando por alguna restricción física, temporal o permanente, se reduzca el número de carriles de la calzada.

Su ubicación implica que el conductor deberá disminuir la velocidad, de manera que pueda observar el tránsito que se aproxima por la vía que tiene prioridad de paso, y tan sólo deberá detenerse por completo cuando sea estrictamente necesario para evitar la interferencia o conflicto con el tránsito que tiene prioridad de paso. El Manual Centroamericano recomienda el uso de la señal de Ceda el paso, en los siguientes tipos de ubicaciones:

- En los accesos de una carretera secundaria a una primaria (con carriles de acceso o aceleración), donde la geometría, el volumen y la visibilidad óptima hacen que no sea estrictamente necesario detenerse.
- En los carriles de acceso o aproximación a una glorieta.
- En la rampa de entrada de una vía de alta velocidad o autopista donde no exista un carril de aceleración con longitud suficiente para permitir a los vehículos que ingresan, alcanzar una velocidad de aproximación suficiente para converger con el flujo principal sin peligro. Si el diseño del carril de aceleración permite un diferencial de velocidad entre la rampa y la vía rápida igual o inferior a 15 km/h, no hace falta colocar la señal de "ceda el paso".
- En intersecciones con giros canalizados hacia la derecha.

- En intersecciones a nivel donde la vía principal tiene un separador central lo bastante ancho y el acceso a ésta se hace en dos etapas. En el primer cruce se utiliza Pare, y en el giro para acceder a la segunda calzada, es decir en el momento en que un vehículo se encuentra sobre el separador se utiliza la señal de Ceda el paso.
- En intersecciones donde el flujo principal en su mayoría realiza algún tipo de giro, lo que obliga a regular la prioridad de paso en las bocacalles adyacentes, donde según las condiciones del tráfico puede ser posible controlar alguna con la señal de Ceda el paso y el resto con la señal de Pare (ver Figura 90).

Figura 90 Uso combinado de señales de pare y ceda el paso en una intersección



Fuente: Elaboración propia con base en el manual centroamericano

En general, se debe instalar una señal de ceda el paso, en cualquier intersección donde pueda ayudar a corregir o mitigar una anomalía que se detecte mediante un estudio de ingeniería de tránsito. En un acceso a una autopista que cuenta con altas especificaciones de diseño, no se requiere la señal de ceda el paso, porque ello podría interferir con la libre convergencia de los vehículos; se usará sobre el acceso, si el carril de aceleración no tiene la longitud suficiente para efectuar esas maniobras de convergencia.

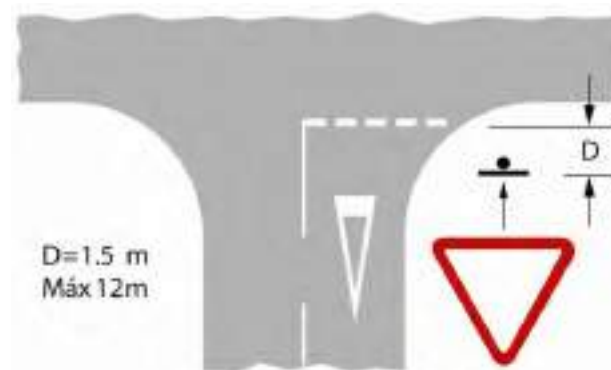
También se usarán señales de Ceda el paso, para regular la corriente de una vía principal en caso de haber un estrechamiento de calzada significativo que conlleva a una reducción de carriles (como en un puente, al final de un carril de ascenso, etc.); o se usará de forma provisional en caso de presentarse un bloqueo físico de un carril, (por circunstancias como obras en vía, derrumbes, etc.). Cuando resulte necesario regular dos flujos principales, la corriente con mejor visibilidad, o con pendiente más favorable es la que debe ceder el paso.

De igual forma que con las señales de Pare, la señal de Ceda el paso se debe instalar en el punto donde el vehículo se debe detener, cuando resulte necesario que ceda el derecho de paso. Se instalarán al lado derecho del carril, replicándose en el lado izquierdo de la calzada si aplican a dos carriles de tránsito; la señal se puede colocar en una isleta canalizadora o separadora, de ser el caso.

La señal sólo será visible en la vía secundaria y no en la principal; además, bajo ninguna circunstancia una señal de ceda el paso y una señal de pare pueden instalarse en un mismo poste. Si la visibilidad de la señal es restringida, se instalarán con anticipación señales SP-33 - Prevención de ceda el paso. Adicionalmente se pueden utilizar señales de Ceda el paso para controlar el tráfico en una intersección donde la mayoría de movimientos consisten en giros a la derecha.

El manual británico menciona que la señal de Ceda el paso, se ubicará a 1,5 m. de la marca de Ceda el paso correspondiente, como mínimo, y a 12 m. alejada de ella como máximo (ver Figura 91).

Figura 91. Señal de Ceda el paso en intersección



Fuente: Elaboración propia

5.3 SEÑALES SR-06 Y SR-08. PROHIBICIÓN DE GIROS

Las señales SR-06 y SR-08, se deberán colocar en la esquina derecha más cercana, aunque debe establecerse la posición o lado donde sea más visible para los vehículos que pudieran intentar el giro prohibido; se ubicarán inmediatamente después de implementar un cambio de sentido en la vía o de las maniobras más comunes en una intersección. Se recomienda su colocación elevada en avenidas o vías de carriles múltiples o con un alto porcentaje de autobuses o vehículos

pesados, que podrían bloquear la visibilidad a los conductores de vehículos livianos.

5.4 SR-17 - VEHÍCULOS PESADOS A LA DERECHA.

Dice el MSV Colombiano sobre el uso de esta señal lo siguiente:

“Esta señal se empleará para notificar a los conductores de vehículos pesados y buses que deben circular por el carril derecho, con el objeto de dejar libres los carriles restantes para el tránsito de vehículos ligeros.

Se usará exclusivamente en tramos de vías con dos o más carriles por sentido de circulación, incluyendo los carriles especiales de ascenso. Esta señal deberá ubicarse en el costado izquierdo de la calzada.”

Adicionales a los criterios establecidos en el MSV Colombiano, para el uso de la señal SR-17, es muy aconsejable que se coloquen éstas señales al inicio de todas las pendientes superiores al 5%, en todos los tramos viales que cuenten con carriles de ascenso o en vías de doble calzada; estas señales no se deberán utilizar en las áreas de intercambio o intersecciones porque allí es normal que tengan lugar maniobras de entrecruzamiento.

Al final del carril de ascenso se deberá instalar la señal preventiva correspondiente para advertir a los conductores de la reducción en el número de carriles que se avecina; esta señal de prevención es muy importante, porque con frecuencia el final del carril de ascenso se ubica después de una curva vertical convexa, en la cual la visibilidad es restringida.⁴⁸

5.5 SR-26 - SEÑAL DE PROHIBIDO ADELANTAR

El MSV indica sobre el uso de esta señal lo siguiente:

“Esta señal se empleará para notificar al conductor que está prohibido adelantar otros vehículos en determinados tramos de la vía, en donde la distancia de visibilidad para efectuar la maniobra de adelantamiento sea deficiente, las condiciones de operación críticas o las características geométricas no permitan ejecutar dicha maniobra, sin poner en riesgo a los usuarios de la vía. Esta señal deberá ser complementada y concordante con la respectiva señalización horizontal.”

⁴⁸ Indicación dada por el Manual Centroamericano, pag 2.66

Es muy importante, además de cumplir los criterios establecidos en el manual colombiano, tales como distancias de visibilidad para efectuar la maniobras de adelantamiento o que las características operacionales o geométricas no permitan ejecutar dicha maniobra, tener en cuenta otros aspectos que son muy importantes en el momento de incluir esta señal en el proyecto de señalización de una carretera.

Las señales reglamentarias SR-26 deberán colocarse al comienzo de ciertas zonas, en las que las condiciones geométricas reducen la distancia de visibilidad de adelantamiento, porque resulta peligroso adelantar a otro vehículo, tal como ocurre en curvas, intersecciones, cruces de ferrocarril, puentes, túneles, pasos a desnivel, y en todas aquellas circunstancias que puedan poner en peligro la seguridad de las demás personas, y de otros vehículos.

Dado que la señalización vertical tiene prioridad sobre la señalización horizontal, se considera la línea continua central⁴⁹ en la calzada como un complemento obligatorio a la colocación de la señal SR-26 en las vías nacionales⁵⁰. Esta consideración es además fundamental en vías de construcción reciente o donde el pavimento ha sido sometido a labores de rehabilitación o mantenimiento, y la demarcación puede ser colocada tan sólo algún tiempo después de terminadas las labores sobre la superficie de rodadura.

También se utilizará la señal en carreteras en donde pareciera inaceptable la presencia de la restricción con la línea continua central, o como señalización temporal en un período de ejecución de obras viales. Se recomienda que la señal de prohibido adelantar sea ubicada en ambos costados de la vía, y que se pongan placas adicionales suplementarias indicando la longitud para la cual aplica la restricción (de ser necesario) y una placa indicando el fin de la restricción.

De igual forma, se recomienda la reiteración de la señal a intervalos de máximo 400 m. Además si hay una intersección, y los vehículos acceden a una vía en la que la restricción de adelantar existe, se debe colocar la señal a 50 m del cruce en ambos sentidos y en ambos costados sobre la vía principal.

Es de resaltar que no hay una señal vertical complementaria a la SR-26 dentro de los dispositivos especificados en el MSV colombiano, que sirva para indicar al conductor el fin de la restricción de adelantamiento, la cual solo se puede conocer mediante la forma que adquiera la línea continua central.

⁴⁹ Ver Numeral 3.25 del Manual de Señalización Colombiano: “Demarcación de zonas de adelantamiento prohibido.

⁵⁰ El Manual colombiano establece que en vías con ancho de calzada inferior a 5.60 m, podrá utilizarse una sola línea continua en las carreteras para demarcación de zonas de adelantamiento prohibido.

5.6 SR-28 Y SR-28A - NO ESTACIONAR (NI DETENERSE)

Todo tramo de vía en donde un estudio de ingeniería de tránsito muestre la inconveniencia de permitir el estacionamiento de vehículos para la operación de la vía debe ser señalizado en primer lugar con la señal de Prohibido estacionar.

Adicionalmente a ello, indica el MSV colombiano que cuando se cumpla alguna de las siguientes condiciones será imperativo utilizar la señal SR-28A:

“En vías rápidas cuando la detención de un vehículo pueda ocasionar accidentes

En arterias urbanas con alto volumen de tránsito en las que la detención de un vehículo pueda ocasionar congestionamiento en uno o varios carriles

En las entradas y salidas de emergencia donde en ningún momento deba existir un vehículo que obstruya su normal funcionamiento

En sitios en los que por razones de seguridad se hace necesario hacer esta restricción.”

Las señales SR-28 - Prohibido estacionar y SR-28A - Prohibido estacionar y detenerse (Ver Figura 92) abarcan una amplia variedad de condiciones, por lo que se citan algunos casos de uso particular de estas señales:

- No estacionar a ninguna hora
- No estacionar en cierto horario, típicamente de 6 A.M a 8 P.M.
- No estacionar, bajo la advertencia que los infractores serán retirados mediante una grúa
- No estacionar en el carril exclusivo para bicicletas
- No estacionar en parada de autobuses
- No estacionar en doble fila: tiene un uso particular en zonas escolares

La prohibición de estacionar y, en su caso, parar (en sus diversas modalidades) se referirá al lado de la calzada en que esté situada la correspondiente señal; en la práctica, la prohibición de estacionar, la ubicación y extensión de su limitación, pueden crear condiciones distintas en varios sitios en donde la misma prohibición aplique.

El MSV colombiano recomienda el uso opcional de la señal SR-28A con la leyenda “NO PARQUEAR NI DETENERSE”; esta medida es altamente recomendada, en medida que el mensaje se vuelve claro para todo usuario sobre la vía sin que haya confusiones.

Figura 92 Señales de prohibición de estacionamiento y parada



Fuente: Manual de Señalización Vial, Colombia.

5.7 SR-30 - VELOCIDAD MÁXIMA

El MSV Colombiano menciona sobre esta señal lo siguiente:

“Esta señal se empleará para notificar la velocidad máxima a la que se puede circular (velocidad de operación), expresada en múltiplos de 10 y en kilómetros por hora (km/h). La limitación de velocidad debe aparecer razonable y no innecesariamente restrictiva, pues los límites excesivos perjudican la credibilidad de la señalización, la capacidad de la carretera, o provocan accidentes por alcance o formación de colas. Su utilización deberá estar soportada en un estudio de velocidad de operación.”

Aparte de lo anterior, esta señal podrá ir como complemento para las señales de curva SP-01, SP-02, SP-03, SP-04, SP-05, SP-06, SP-07 y SP-08, SP-20 – Glorieta y SP-45 – Maquinaria agrícola en la vía.

La señal deberá instalarse como complemento para las señales SP-11 – Intersección de vías, SP-12 y SP-13 – Vía lateral, SP-14 – Bifurcación en “T”, SP-15 – Bifurcación en “Y”, SP-16 Y SP-17 – Bifurcación lateral, SP-18 y SP-19 – Bifurcación escalonada, SP-24 – Superficie rizada, SP-25 – Resalto, SP-26 – Depresión, - SP-27 – Descenso peligroso, SP-28 – Reducción simétrica de la calzada SP-30 y SP-31 – Reducción asimétrica de la calzada, SP-37 – Túnel, SP-44 – Superficie deslizante, SP-46 – Peatones en la vía, SP-47 – Zona escolar, SP-48 – Zona deportiva, SP-52 – Cruce a nivel con el ferrocarril y SP-67 – Riesgo de accidente.

Por otro lado, los fundamentos para su uso a nivel nacional, se han establecido mediante la **Resolución 1384** del 20 de abril de 2010 expedida por el Ministerio de Transporte, que adopta el método para establecer los límites de velocidad en las carreteras nacionales, departamentales, distritales y municipales de Colombia. Para ello la resolución adopta a su vez el manual elaborado por la Universidad del Cauca, denominado “*Método para establecer límites de velocidad en carreteras colombianas*”.

La metodología considera aspectos como la velocidad genérica por tipo de carretera, especificaciones geométricas, velocidad de operación del sector, condiciones del medio ambiente, infraestructura vial, visibilidad, especificaciones de la vía, velocidad de diseño, características de operación y sitios especiales de restricción de velocidad. El método NO es aplicable para las vías urbanas, si ese es el caso el límite de velocidad aplicable a las distintas vías de la red urbana será determinada y señalizada por las autoridades competentes en el municipio o distrito respectivo. La metodología para establecer los límites de velocidad contempla las siguientes actividades:

- Sectorización de la carretera
- Asignar la velocidad genérica para cada sector
- Ubicar y asignar velocidades a sitios especiales
- Ajustar la velocidad genérica en el sector
- Transición de velocidades y señales de confirmación
- Uso opcional del programa “Señales”
- Revisión periódica y conservación de señales

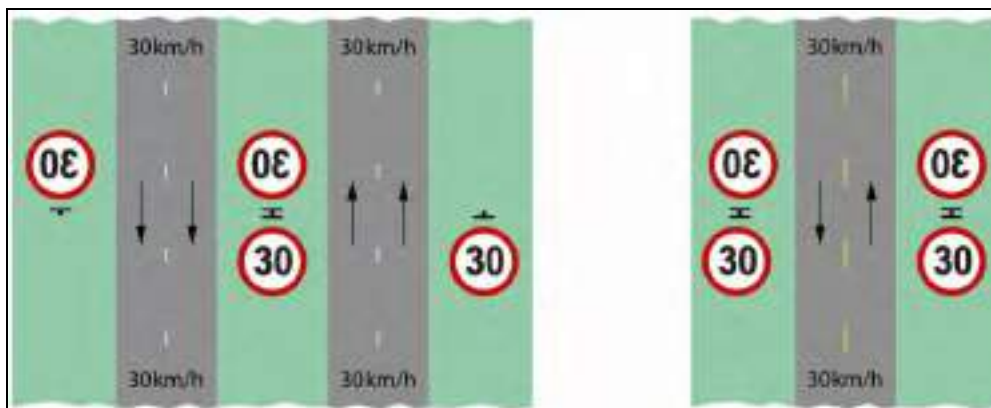
También menciona la resolución que se podrá señalizar como velocidad máxima **120 km/h** en vías de doble calzada y **90 km/h** en vías de calzada sencilla, en las carreteras nacionales, departamentales, distritales y municipales. Para los vehículos de servicio público, carga y transporte escolar el límite de velocidad no puede exceder los **80 km/h** en ningún caso, aún cuando la señalización dispuesta en la carretera indique velocidades mayores.⁵¹

En cuanto a la ubicación de la señal de Límite de velocidad sobre la vía, el manual británico recomienda que dichas señales se ubiquen en ambos costados de la calzada, así ésta sea de doble sentido, y si el separador es ancho, las señales se ubicarán cerca de cada calzada (ver Figura 93).

⁵¹ Ley 1239 de 2008

Es importante reiterar que la restricción que se hace mediante esta señal debe ser expresada en múltiplos de 10, ya que en las carreteras colombianas es común encontrar casos en que no se hace así pese a que el MSV Colombiano lo indica claramente. (Ver Figura 94).

Figura 93 Ubicación sugerida de señales de velocidad máxima



Fuente: Elaboración propia

Figura 94 Ejemplo de señales SR-30 que no están de acuerdo al Manual de Señalización Vial colombiano



Fuente: Archivo propio

5.8 SR-44. ESPACIAMIENTO

Menciona el MSV lo siguiente sobre el uso de esta señal:

“Se usará esta señal para notificar a los conductores que deben guardar una distancia mínima de seguridad para evitar colisiones, debido a que las velocidades que se desarrollan en el tramo de vía son altas. La señal se complementará con demarcaciones de espaciamientos correspondientes a cabezas de flecha (...)”

Complementando lo anterior, dicha señal se usa para indicar a los usuarios sobre la necesidad de mantener una distancia mínima de seguridad, la cual puede deberse a otros motivos diferentes de las altas velocidades, como la visibilidad restringida, el paso en puentes por razones de diseño estructural o el paso en túneles por motivos de seguridad vial, entre otros. Como complemento de la señal y con el fin que los conductores puedan tener una referencia física de la distancia mínima que deben guardar con respecto a otro vehículo que transite en el mismo carril, dicha señal se debe complementar con demarcaciones de espaciamientos en el pavimento. Este dispositivo de control también permite a la autoridad competente contar con una referencia para hacer cumplir o sancionar esta disposición. (Ver Figura 95).

Figura 95. Señal de espaciamiento SR-44



Fuente: Manual de Señalización Vial, 2004.

5.9 CURVAS PELIGROSAS Y PRONUNCIADAS

Sobre el uso de las señales SP-01 y SP-02 – Curva peligrosa, señala el MSV colombiano lo siguiente:

“Estas señales se emplearán para advertir al conductor la proximidad de una curva peligrosa a la izquierda, o a la derecha, en la cual se hace necesario reducir la velocidad de operación del sector en un 30% ó más, o cuando las características físicas y de visibilidad de la curva conlleven riesgo de accidente.”

De la misma forma, sobre el uso de las señales SP-03 y SP-04 – Curva pronunciada, señala el MSV colombiano:

“Estas señales se emplearán para advertir al conductor la proximidad de una curva pronunciada a la izquierda o a la derecha, en la cual es necesario reducir la velocidad de operación del sector en un valor comprendido entre el 30% y el 10% de la misma, para realizar la maniobra en forma segura.”

En la Figura 96, a continuación, se observan las señales mencionadas.

Figura 96. Dispositivos para señalar curvas horizontales anticipadamente



Fuente: Manual de Señalización Vial, Colombia.

Se considera el anterior un criterio relativo para considerar su correcta aplicación, porque no se toman en consideración otro tipo de parámetros, como las características geométricas de una curva en consideración. Ejemplo: una reducción de 30% en una curva con una velocidad de aproximación de 50 km/h implicaría una curva que puede ser tomada a una velocidad de máximo 35 km/h. La misma reducción de 30% en una vía cuya velocidad de aproximación es de 100 km/h, implicaría una curva que se puede tomar a una velocidad de máximo 70 km/h. Bajo el criterio planteado por el manual, una curva con velocidad de diseño de 40 km/h y una con velocidad de diseño de 70 km/h se podrían señalar de la misma forma. De igual manera, una curva donde no haya reducción en la velocidad no se señalaría, lo que induce a un error conceptual con implicaciones en la seguridad vial.

El manual mexicano define la ubicación de la señal en función del grado de curvatura de la vía y el ángulo de deflexión de la misma; sin embargo el manual no da mayores especificaciones sobre la forma de cálculo del grado de curvatura de la vía (sin especificar la longitud de arcos o cuerdas a utilizar para el cálculo).

El manual centroamericano señala por su lado, que se deben utilizar las señales de “Curva peligrosa” para indicar la proximidad de toda curva con un radio menor de 60 m., o que tenga un ángulo “central” (de deflexión) mayor de 45° y posea radios entre 60 y 120 m.; también menciona que cuando la velocidad de operación

deba reducirse en más de un 50% al entrar en la curva, podrá usarse una señal junco con una placa de velocidad recomendada debajo de esta señal, como se puede ver en la Figura 97. En el numeral 7.6.1 del presente documento se ilustra con mayor detalle el uso de señales de este tipo.

Figura 97 Señalización preventiva de curva peligrosa con velocidad sugerida.



Fuente: Elaboración propia.

También menciona el manual centroamericano que la señal de “Curva pronunciada”, indicará la proximidad de una curva a la derecha o izquierda, con radio entre 60 m. y 440 m. y un ángulo central menor de 45°. Cuando el ángulo es mayor de 45° se usará esta señal si los radios están comprendidos entre 120 m y 440 m.

Con respecto estas señales, el MUTCD sugiere, que si la velocidad recomendada de circulación en la curva es mayor a **50 km/h**, se pueden utilizar las señales de la serie “Curva pronunciada”, es decir las señales SP-03 y SP-04; si la velocidad recomendada de circulación en la curva es menor a 50 km/h, se pueden utilizar las señales de la serie “Curva peligrosa” (ver Figura 98).

Relacionando el criterio de velocidad otorgado por el MUTCD con los radios mínimos y peraltes en curva del Manual de Diseño Geométrico de Vías (ver Tabla 44), se obtienen los valores de radios de curvatura para los cuales se aconseja utilizar una señal de determinado tipo.

Tabla 44. Radios mínimos de curvatura para utilización de señales de curva.

TIPO DE CARRETERA	PERALTE MÁXIMO	RADIO MÍNIMO DE CURVATURA (a 50 km/h)
Primarias y secundarias	8%	73 m
Terciarias	6%	79 m

Fuente: Elaboración propia, con base en información del Manual de Diseño Geométrico de Vías.

Dado lo anterior, se puede afirmar que en vías primarias y secundarias, toda curva con radio mayor a 73 m puede ser señalizada con la señal de “Curva pronunciada”. Esta afirmación es válida solamente si la curva en cuestión posee el peralte máximo, lo cual no será así en todos los casos.

En la Tabla 45 se muestra la variación del radio de curvatura mínimo de una curva en función de su peralte real correspondientes a la velocidad umbral de **50 km/h**. Las curvas que para un peralte determinado posean radios menores a los indicados en esta tabla para el tipo de vía correspondiente, serán señalizadas con la señal de “Curva peligrosa” y las curvas que posean radios mayores a los indicados podrán ser señalizadas con la señal de “Curva pronunciada”.

Los datos para elaborar esa tabla fueron obtenidos de las tablas 3.4 y 3.5 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVIAS, año 2008.

Tabla 45. Variación del radio mínimo de curvatura en función del peralte de la vía

Peralte (%)	Radio (m)	
	TIPO DE VÍA (v = 50 km/h)	
	Primaria o Secundaria	Terciaria
1,5	1090	1050
2	791	750
3	496	443
4	344	261
5	246	156
6	172	79
7	123	NA
8	73	NA

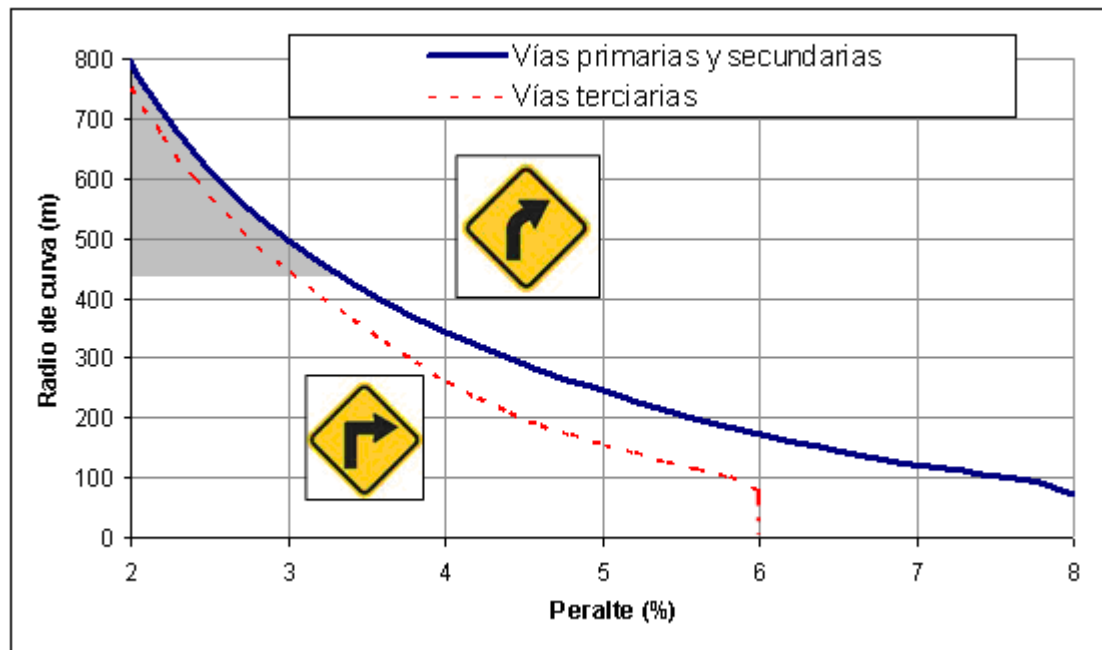
Fuente: Elaboración propia con base en el MDGC 2008.

En la Figura 98, se observa con mayor claridad el criterio para señalizar curvas en vías primarias, secundarias y terciarias en función de su radio de curvatura y su peralte. En la Figura 99 se observa la misma información con mayor detalle para vías primarias y secundarias que poseen peraltes cercanos al máximo⁵², siempre con referencia a la velocidad umbral de **50 km/h**.

Por otra parte, el radio límite de 440 m planteado por el manual centroamericano para efectuar señalización, cobra sentido en la medida en que curvas con radios mucho mayores a este indicado pasarían a tener la equivalencia visual de un tramo recto, por lo que no sería necesario recurrir a la señalización de curvas en esta circunstancia.

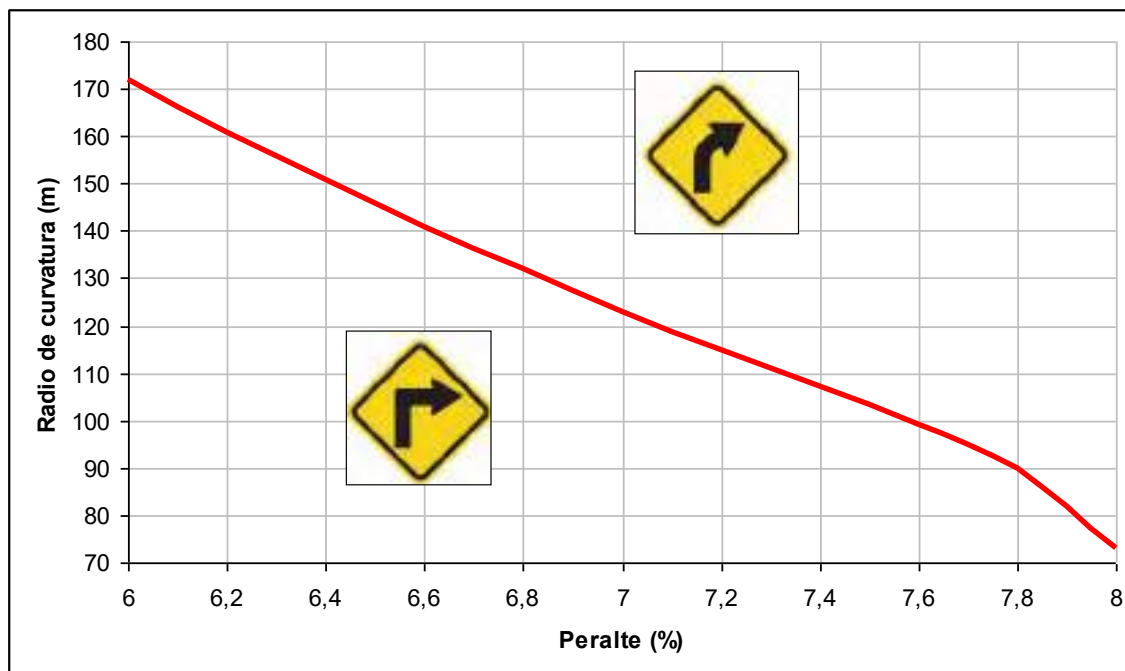
⁵² Los peraltes con valores superiores al 8% en vías primarias y secundarias generan una situación de incomodidad para vehículos viajan a velocidades menores y genera riesgos para la circulación de vehículos pesados o de carga, los cuales al tener un centro de gravedad alto presentan un mayor riesgo de volcamiento de su carga. La situación de peligro que se genera tiene que ser indicada mediante señalización y corregida a la mayor brevedad posible.

Figura 98. Uso de las señales de curva de acuerdo con su radio y peralte en vías nacionales



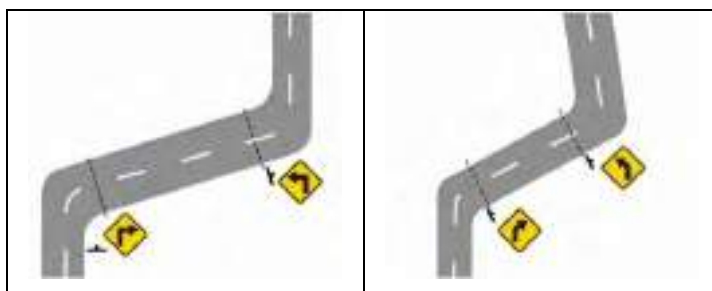
Fuente: Elaboración propia

Figura 99. Uso de las señales de curva en vías primarias y secundarias con peraltes cercanos al máximo (8%).



Fuente: Elaboración propia

Figura 100. Señalización de curva con señales de curva sencilla.



Fuente: Elaboración propia

Para utilización de las señales “Curva y contracurva peligrosa”, “Curva y contracurva pronunciada”, o “Curvas sucesivas”, se muestran en la Tabla 46 las recomendaciones formuladas por el MSV colombiano y por el MUTCD respectivamente.

Tabla 46. Comparación entre valores de entretangencia máximos entre curvas horizontales que justifican el uso de señales del tipo “Curva y contracurva”

Velocidad (km/h)	Manual Colombia	MUTCD
20	30 m	180 m
30	40 m	
60	100 m	
80	150 m	

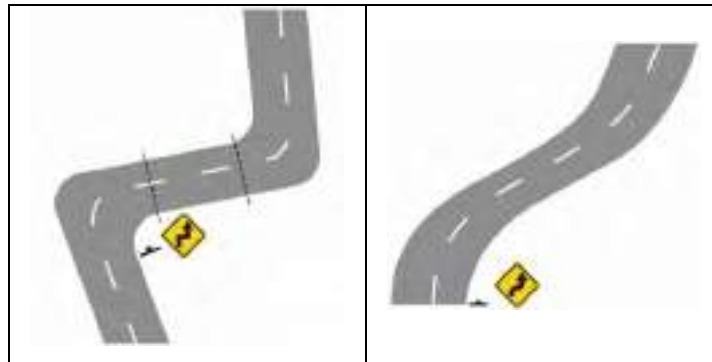
Fuente: Elaboración propia

Si la longitud de la entretangencia es menor que los valores indicados en la tabla anterior, se utilizarán las señales del tipo “Curva y contracurva”. Parece razonable adoptar la recomendación formulada por el MUTCD, que es de mayor sencillez en su aplicación e implica un uso más racional en los recursos al requerir menos señales que las que se requerirían aplicando el criterio que recomienda el MSV 2004, con la misma efectividad en la transmisión del mensaje al usuario. Dado el alto porcentaje de vías de montaña en la red vial nacional, se considera que la diferencia habrá de ser realmente significativa.

En presencia de tramos de alineamiento muy sinuoso, con 3 o más curvas que presenten entretangencias mínimas entre ellas se utilizará la señal de “Curvas sucesivas”, se podrá indicar con una placa suplementaria la longitud del tramo sinuoso en caso de ser muy extendido, y se reiterará la señal tantas veces como

resulte necesario, siempre complementada con la señal de límite de velocidad en rigor para la vía. A continuación se muestran algunas figuras a modo de esquema sobre el uso de estas señales. (Ver Figura 101 y Figura 102).

Figura 101. Uso de señales de curva y contracurva.



Fuente: Elaboración propia

Figura 102. Uso de señal de curvas sucesivas.



Fuente: Elaboración propia

5.10 SP-24, SP-25 Y SP-26 SEÑALES DE PERFIL IRREGULAR (VER FIGURA 103)

Estas señales se utilizan de acuerdo a los siguientes criterios que establece el MSV colombiano:

- Señal SP-24 – Superficie Rizada:

“Esta señal se empleará para advertir al conductor la proximidad de irregularidades sucesivas en la superficie de la vía, las cuales pueden causar daños o desplazamientos peligrosos o incontrolables del vehículo. Debe removerse cuando cesen las condiciones

que obligaron a instalarla (...) Esta señal deberá complementarse con la señal SR-30 - indicativa del límite de velocidad máxima.”

- SP-25 – Resalto

“Esta señal se empleará para advertir al conductor la proximidad a una protuberancia transversal en la superficie de la vía, que puede causar daños o desplazamientos peligrosos o incontrolables del vehículo. Debe removerse una vez cesen las condiciones que obligaron a instalarla (...) Deberá complementarse con la señal reglamentaria SR-30 - Velocidad máxima, para disminuir gradualmente la velocidad de circulación, una vez se va acercando al resalto.”

- SP-26 – Depresión

“Esta señal se empleará para advertir al conductor la proximidad a un hundimiento brusco en la superficie de la vía, que puede causar daños o desplazamientos peligrosos o incontrolables del vehículo. Debe removerse cuando cesen las condiciones que obligaron a instalarla.

Deberá complementarse con la señal reglamentaria SR-30 - Velocidad máxima, para disminuir gradualmente la velocidad de circulación, una vez se va acercando a la depresión.”

Varios manuales sugieren utilizar estas señales tan sólo en tramos que obliguen a disminuir la velocidad de aproximación en más de 30 km/h. Es importante recalcar que la reducción de velocidad necesaria para lograr abordar estos „obstáculos" sin riesgos para los usuarios de la vía se tiene que lograr a cabo de forma gradual, escalonando debidamente las señales SR-30 de ser necesario (ver numeral 7.1.2 del documento).

Figura 103 Señales que indican un perfil irregular



Fuente: Elaboración propia.

5.11 SP-27. DESCENSO PELIGROSO

El Manual de Señalización Vial colombiano establece el empleo de esta señal para advertir al conductor la proximidad a un sector con una pendiente alta que pueda incrementar peligrosamente la velocidad del vehículo, sin embargo no establece umbrales de pendientes específicos. Recomienda el MSV complementar el uso de esta señal con la señal reglamentaria SR-30, y repetir la señal cada 3 kilómetros en caso de un descenso muy prolongado.

El manual centroamericano señala que estas señales se usarán cuando exista una pendiente igual o mayor de 6% durante longitudes que se definen en la Tabla 47 (al exceder estos valores, hay que señalizar), o en pendientes de 6% o más donde una parte de dicha pendiente esté en una curva de menos de 400 m de radio. Se adopta esta recomendación, dado las condiciones topográficas de los países centroamericanos y su similitud con Colombia; normas como la española son menos exigentes a este respecto.

Adicionalmente a esto, se podrá instalar la señal, donde observaciones en campo, características operacionales específicas o registros muy elevados de accidentalidad sobre un tramo de vía en pendiente lo justifiquen.

Figura 104. Señal preventiva SP-27



Fuente: Manual de Señalización Vial, Colombia

Tabla 47. Longitudes mínimas de pendiente para señalización de descenso peligroso

Pendiente (%)	Longitud mínima (m)
6	600
7	300
8	230
9	150
11	120
13	90
15	60
16	Cualquier longitud

Fuente: Elaboración propia, con base en el manual centroamericano

5.12 SEÑAL SP-40. FLECHA DIRECCIONAL

Dice el MSV Colombiano lo siguiente sobre el uso de la señal en curvas horizontales:

“Esta señal se usa para advertir al conductor la proximidad a un cambio repentino en la dirección de circulación, básicamente donde las condiciones de visibilidad no dejan obtener una visión clara del tramo siguiente de la vía.”

El manual centroamericano, recomienda que se puede usar esta señal en las curvas de radio menor de 60 m y en aquellas que teniendo un ángulo central menor de 45° poseen radios entre 60 y 120 m.; se deberá colocar en el lado exterior de la curva y en ángulo recto con el tránsito que se aproxime, además debe montarse a tal altura que resulte visible desde por lo menos una distancia de 150 m y debe poseer además muy buena reflectividad. Su uso es especialmente recomendado en tramos de vía donde hay presencia de curvas horizontales y verticales cóncavas de forma simultánea, por la pérdida de visión sobre el trazado de la vía que esta condición implica.

5.13 SP-46, SP-47 Y SP-48. ADVERTENCIA SOBRE PEATONES

Estas señales se utilizan de acuerdo a los siguientes criterios que establece el MSV colombiano:

- SP-46 - Peatones en la vía

“Esta señal se empleará para advertir al conductor la proximidad a lugares frecuentados por peatones que caminan sobre la calzada o la cruzan a nivel, en un sitio determinado. En zonas urbanas la señal se usará únicamente cuando la seguridad de los peatones lo justifique. Deberá complementarse con la señal SR-30 - reglamentaria de velocidad máxima.”

- SP-47 - Zona escolar

“Esta señal se empleará para advertir al conductor la proximidad a una zona de actividad escolar, en la cual puede existir un cruce especial destinado a los escolares.

Deberá complementarse con las señales SR-30 - Velocidad máxima y SR-28 - que prohíbe el estacionamiento de vehículos frente a la acera de la zona, ya que éstos impiden la visibilidad de los escolares. En lo posible deberán complementarse con marcas y palabras sobre el pavimento.”

- SP-48 - Zona deportiva

“Esta señal se empleará para advertir al conductor la proximidad a una zona destinada a campos de juego adyacentes a la vía. Deberá complementarse con la señal SR-30 - Velocidad máxima y SR-28 - que prohíbe el estacionamiento de vehículos frente a la acera, ya que éstos impiden la visibilidad de los niños que ingresan o salen de la zona.”

De acuerdo a lo que establece el CNT en el artículo 74, los conductores tienen que reducir la velocidad a **30 km/h** en lugares de concentración de personas, en zonas residenciales y en las zonas escolares.

Estas señales advierten al conductor la cercanía de lugares frecuentados por peatones, ya sea por la proximidad de viviendas o centros de actividad, paradas de autobús, zonas escolares o deportivas o en cualquier lugar donde caminen personas sobre la calzada o la cruzan a nivel. Es muy importante la señal SR-30 - Velocidad máxima sea visible a más de 30 m.; y si la calzada es de único sentido, que se coloque en ambos márgenes de la vía (Ver Figura 105).

Figura 105 Señales de peatones en la vía



Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo la Norma española establece que cuando los peatones atraviesan la calzada aprovechando los intervalos entre vehículos no se requerirá, en general, señalización específica alguna. En un cruce para peatones con prioridad, se deberá prohibir el estacionamiento como mínimo 10 m antes del paso de peatones y disponer de una iluminación específica; para tal propósito, se puede utilizar una señal como la que se muestra en la Figura 106.

Figura 106. Señal informativa SI-24



Fuente: Manual de Señalización Vial, Colombia

5.14 SP-52, SP-53 Y SP-54 SEÑALES DE PASO A NIVEL

El MSV menciona sobre el uso de estas señales lo siguiente:

- SP-52 – Cruce a nivel con el ferrocarril

“Esta señal se empleará para advertir al conductor la proximidad a un paso a nivel con el ferrocarril, sin barrera o con barrera operada manual o automáticamente al paso del tren. Deberá complementarse con las señales reglamentarias SR-01 - Pare y SR-30 - Velocidad máxima, con la señal preventiva SP-54 - Paso a nivel y con semáforos, barreras manuales o electromecánicas y marcas sobre el pavimento.”

- SP-53 - Barrera

“Esta señal se empleará para advertir al conductor la proximidad a una barrera para detener el tránsito con el fin de hacer un control policial, aduanero, de tránsito o de recaudo de peaje. También servirá para advertir la barrera que se coloca al paso del tren.”

- SP-54 - Paso a nivel

“Esta señal se empleará para indicar el sitio mismo donde la calle o carretera intercepta una o varias líneas ferroviarias. Esta señal se coloca en el sitio mismo de la advertencia.”

Estas señales (Ver Figura 107) sirven para advertir sobre la proximidad a un paso a nivel con el ferrocarril; adicional a los criterios establecidos en la Norma colombiana, es importante tener en cuenta que deben colocarse a ambos lados de la carretera a una distancia de 4,5 m. o menos del eje de la vía férrea más cercana, y entre 1,5 m. y 2,4 m. del borde del pavimento.

Cuando exista una distancia mayor de 30 m. entre dos o más líneas de ferrocarril, tales cruces se deben señalizar independientemente. Adicionalmente también se deben colocar a una distancia de 200 m del paso a nivel; en carreteras de dos carriles y doble sentido de circulación deben ser complementadas con prohibiciones de adelantamiento, 100 m antes, y a 50 m se colocarán señales de Velocidad máxima. (Ver numeral 7.8 del documento)

Figura 107. Señales preventivas para el paso a nivel



Fuente: Elaboración propia con base en el Manual de Señalización Vial colombiano

5.15 SEÑAL SP-67 RIESGO DE ACCIDENTE

Dice el manual 2004 sobre el uso de esta señal lo siguiente:

“(…) se utilizará para advertir al conductor la proximidad a un sector de vía en el cual se presentan accidentes con frecuencia, de acuerdo con las estadísticas registradas por las autoridades de tránsito. Una vez se implanten las mejoras necesarias que ayuden a evitar los accidentes, la señal deberá suprimirse”.

Esta señal se puede utilizar además para advertir la proximidad de un peligro o riesgo no susceptible de ser prevenido mediante las señales de advertencia mencionadas con anterioridad. Se recomienda que esta señal sea complementada con una placa que contenga una leyenda que especifique la naturaleza del peligro, de ser posible.

La información sobre puntos y tramos críticos debe estar en manos de las autoridades competentes, para tomar **medidas adecuadas** que mitiguen el riesgo de accidentalidad; tan sólo la transmisión a los usuarios un mensaje que dice que se hallan en riesgo no contribuye al mejoramiento de la seguridad vial, genera descrédito e irrespeto generalizado hacia las señales preventivas. Es por ello que siempre se debe hacer lo posible por eliminar el riesgo que hace necesaria la utilización de esta señal.

Dentro de las medidas se considerarán mejoras en infraestructura u otras medidas de manejo y control del tráfico, lo que implicaría el uso de otras señales preventivas e imposición de límites de velocidad, entre otras.

Figura 108. Señal preventiva SP-67



Fuente: Manual de Señalización Vial, Colombia

5.16 SEÑAL SI-04 POSTE DE REFERENCIA

En el Manual de Señalización Vial colombiano, tan sólo se establece que esta señal se empleará para informar a los usuarios sobre el absciso de una vía, pero no proporciona criterios adicionales para su instalación.

Esta señal se debería colocar cada kilómetro en las rutas de carácter nacional del país, y en vías de menor jerarquía por economía, se podrían utilizar cada 5 o 10 Km., incluyendo el escudo de ruta.

5.17 SEÑALES INFORMATIVAS DE DESTINO, SI-05 (A,B,C) Y SI-06

Las señales informativas de destino (ver Figura 109) tienen por objeto guiar al conductor indicándole información relevante (nombre, distancia, etc.) de las poblaciones que se encuentran en la carretera; para el caso de señales que indiquen un punto de control, se colocarán señales previas, preferentemente a 500 m. y 250 m. del lugar. De acuerdo al MSV colombiano, el número de señales elevadas se instala en una vía en función de su tráfico promedio diario, como se observa en la Tabla 48.

Tabla 48. Ubicación de las señales elevadas en función de su TPD

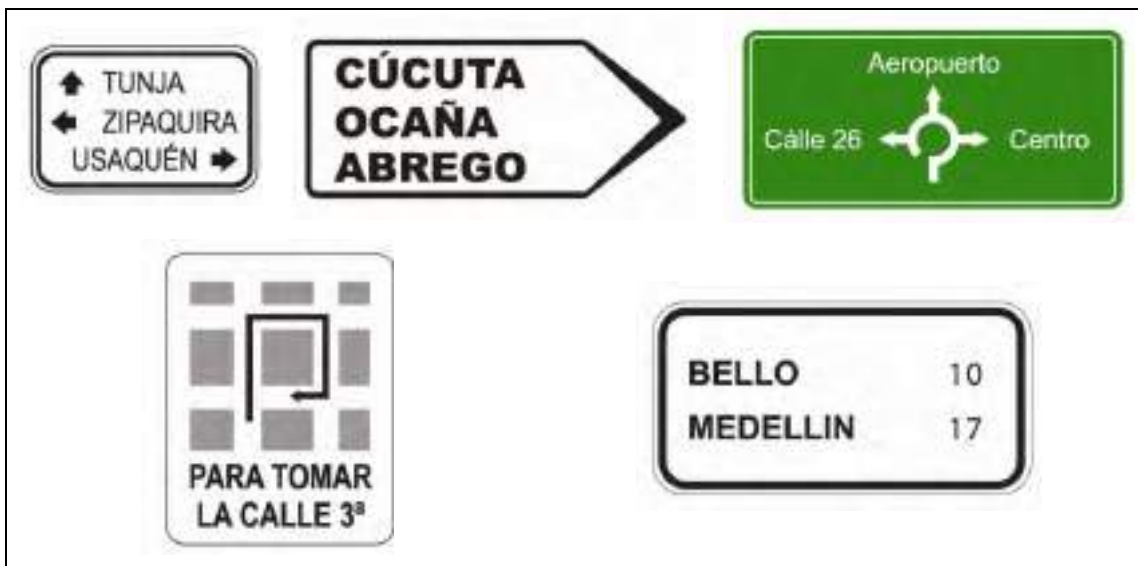
TPD	Ubicación de las señales
> 5000	1000 m antes, 500 m antes y poco antes del sitio de desvío
< 5000	1000 m antes y poco antes del sitio de desvío

Fuente: Elaboración propia, con base en información del MSV

Estas señales se colocarán antes de las intersecciones y en las mismas intersecciones, y en puntos situados a lo largo de la carretera de manera que permitan a los conductores preparar con la debida anticipación su maniobra en la intersección, ejecutarla en el lugar debido y confirmar la correcta selección del destino. Para vías rápidas lo deseable es usar dos destinos por señal informativa, ya que para altas velocidades, es lo máximo que la mayoría de los conductores pueden asimilar.

La posición de estas señales dependerá fundamentalmente de la velocidad, alineamiento, visibilidad y las condiciones de la vía, y se ubicarán de acuerdo a los resultados que suministren los estudios realizados en cada situación. Cuando se requieren señales preventivas e informativas en sitios aproximados, la señal preventiva debe preceder a la de información en una distancia no menor de 60 m y se ubicará de tal modo que no impida la visibilidad de ésta.

Figura 109 Señalización informativa de destino



Fuente: Manual de Señalización Vial

En las señales de información previa de destino ubicadas lateralmente, se distinguen los siguientes tipos de flecha:

- Flecha vertical hacia arriba: para indicar los destinos que se alcanzan continuando por la misma carretera y en general, las direcciones de frente o dirección propia. (Ver Figura 110)

Figura 110. Flecha vertical hacia arriba en señales de información previa de destino



Fuente: Elaboración propia

- Flecha inclinada a 45° hacia arriba: para indicar los destinos que se alcanzan girando hacia la izquierda o la derecha, y utilizando un carril de desaceleración o de espera; excepcionalmente para indicar un giro de la carretera en un nudo donde haya una salida de frente que pudiera inducir a confusión; o si es a la derecha, para indicar un destino que se encuentra originalmente al lado izquierdo de la vía pero que se alcanza girando previamente a la derecha (Ver Figura 111).

Figura 111. Flechas diagonales



Fuente: Elaboración propia

- Flecha horizontal: indica los destinos que se alcanzan girando sin carril de desaceleración o de espera. (Ver Figura 112)

Figura 112. Flechas horizontales



Fuente: Elaboración propia

En las señales elevadas, se distinguen los siguientes tipos de flecha: (ver Figura 113).

- Flecha inclinada a 45° hacia abajo: pueden utilizarse para pre señalar un destino que se alcanza girando en la dirección indicada; si se ubica en una señal elevada sobre un carril específico, indica el carril por el que hay que circular para alcanzar una salida inmediata hacia la derecha o hacia la izquierda.
- Flecha vertical hacia abajo: se ubica en señales elevadas sobre carril, e indica que por ese carril hay que circular para alcanzar un destino específico.

En el caso de las flechas horizontales e inclinadas hacia abajo en señales elevadas sobre carril, si después de la salida la calzada principal tiene un carril menos, se utilizarán las flechas verticales hacia abajo.

Figura 113. Flechas en señales elevadas



Fuente: Manual de Señalización Vial

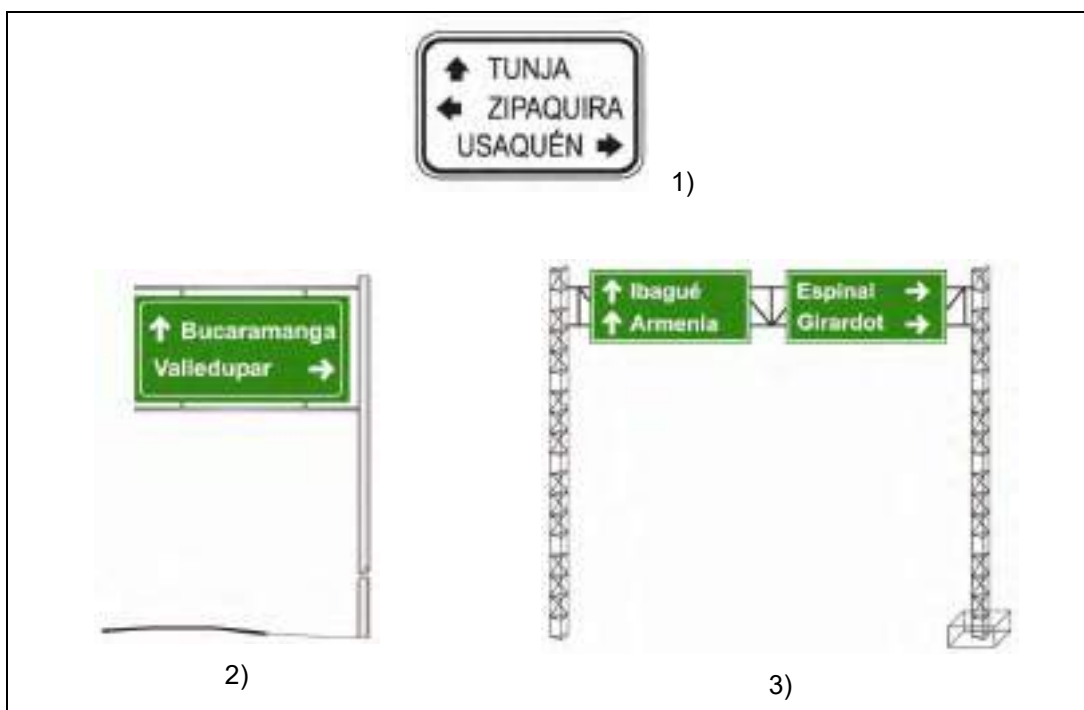
Estas señales elevadas con información previa de destino se implantarán a distancias múltiplos de 500 m.; las distancias a indicar en ellos se expresarán en metros si fueran inferiores a 3 Km., y en Km. en caso contrario; ej.: 500 m., 1.000 m., 1.500 m., 2.000 m., 3 Km., 4 Km., 5 Km., etc.

Adaptando las recomendaciones que menciona la Norma española 8.1-IC para señales informativas de destino, se recomienda la utilización de señales laterales SI-05 si se cumplen las siguientes condiciones:

- La vía no se encuentra dentro de un área urbana
- Hay como máximo 2 carriles por calzada
- Hay un ramal de salida con un solo carril
- La intensidad de circulación de vehículos pesados es baja (obstruyen la visión lateral)
- Su facilidad de instalación lo justifica
- No hay iluminación en bordes de la vía

Es muy importante considerar un criterio de jerarquía para señales elevadas, no colocando señales laterales después de señales elevadas, ni señales tipo bandera después de señales elevadas tipo pasavías. (Ver Figura 114)

Figura 114. Criterio de jerarquía para señales informativas de destino laterales y elevadas.



Fuente: Elaboración propia con base en el Manual de Señalización Vial

Los criterios de utilización de señales tipo bandera para carreteras de doble calzada se aprecian en la Tabla 49:

Tabla 49. Secuencias de pre-señalización de señales informativas de destino, para vías de dos carriles por sentido

Población destino	Secuencia de pre señalización
Más de 100.000 hab	1.000, 500 m
Más de 10.000 hab	500 m
Más de 5.000 hab	Salida inmediata

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la norma española 8.1-IC

5.18 SEÑALES INFORMATIVAS DE SERVICIOS

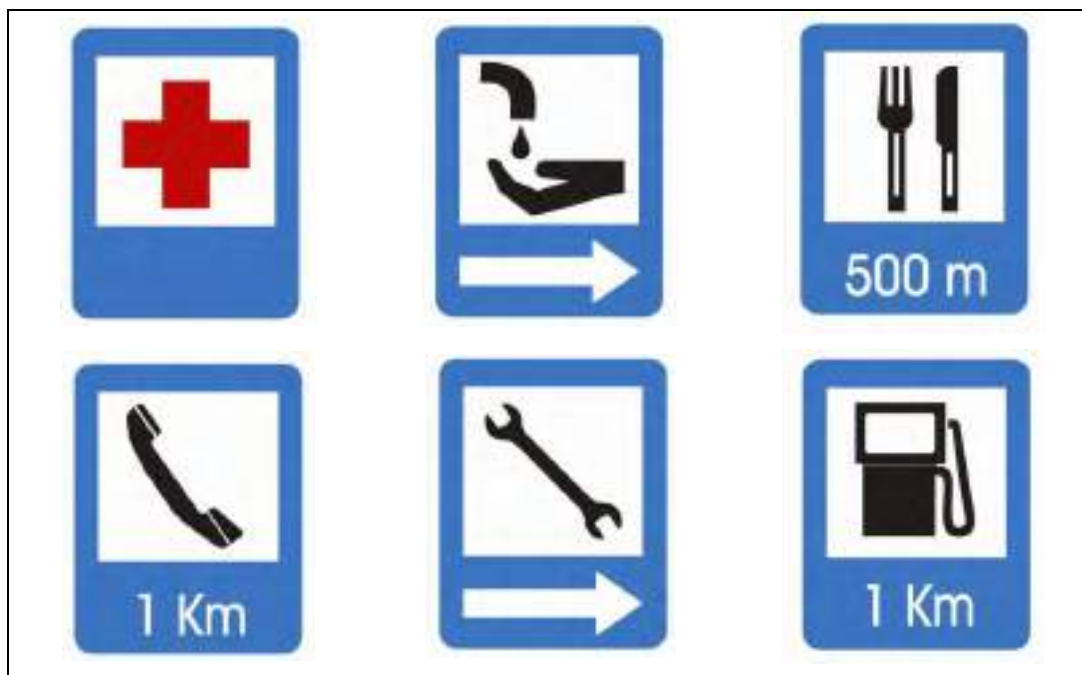
Menciona la Norma española que en general la señalización informativa de instalaciones de servicios destinadas a satisfacer las necesidades de los usuarios

de la carretera, como son estaciones de servicio, talleres, hoteles, restaurantes, cafeterías y oficinas de información turística u otro tipo de instalaciones de interés se hará prácticamente en el sitio mismo o muy cerca a él. Tan solo se hará la pre-señalización con suficiente antelación para autopistas o vías multicarril en el caso de que uno de los servicios ofrecidos sea una estación de gasolina; y en ese caso se aconseja disponer se señalizará en el margen derecho a 1.000 m y a 500 m del lugar o de la salida correspondiente.

Si la distancia a la anterior salida a instalaciones y servicios de naturaleza similar fuera superior a 40 km, se pre-señalizará también a 5 km. Si la salida no fuera específica, sino compartida con la correspondiente a un ramal de enlace, no se mezclarán ambas pre señalizaciones, sino que la correspondiente a los servicios se colocará a 250 m. y 750 m. de la salida, respectivamente.

Por su parte los lugares de interés histórico, serán pre señalizados entre 150 m y 250 m antes de la salida inmediata. Se podrá indicar la presencia de un lugar con teléfono, si no hay otro a menos de 25 km, sólo en carreteras convencionales en sitios despoblados.

Figura 115. Algunas señales informativas de servicios



Fuente: Manual de Señalización Vial

5.19 DELINEADORES DE CURVA HORIZONTAL

Los criterios de aplicación, colocación y espaciamiento de los delineadores de curva horizontal, se mencionan con detalle en el numeral 5.1.2 del Manual de Señalización Vial, básicamente su uso está generalizado para indicar cambios bruscos de alineamiento horizontal y cuando se presenta simultáneamente variación en el alineamiento horizontal y vertical de una vía.

Aunque las recomendaciones de espaciamiento máximo de delineadores de curva horizontal del MSV colombiano (ver Tabla 50), son prácticamente las mismas de manuales como el español, vale la pena indicar que para curvas muy restrictivas (menores de 15 m), la Norma española 8.1-IC, sugiere un espaciamiento máximo de 5 m. y no de 8 m. como el nuestro. Las mismas distancias son a su vez bastante similares a las recomendadas por el MUTCD.

Tabla 50. Distancia entre delineadores de curva horizontal

Radio de curvatura (m)	15	50	75	100	150	200	250	300
Espaciamiento entre delineadores (m)	5	10	12	15	20	22	24	27

Fuente: Manual de Señalización Vial colombiano, Tabla 5.2.

6 SEÑALIZACIÓN VARIABLE O DINÁMICA

El nivel de avance técnico y tecnológico que se evidencia a nivel de los vehículos, los conductores y la vía misma, llevan a considerar que bajo las circunstancias siempre cambiantes del tránsito, muchas de las señales actuales, tal y como se conocen han llegado a un cierto límite de eficiencia, dadas sus características físicas, de posición y mensaje, entre otros aspectos.

Dentro de las mejoras que se buscan para la señalización, se cuentan el facilitar las reacciones y las maniobras adecuadas en el tránsito sin perder las ventajas de las señales anteriormente utilizadas, que sea de un uso universal para los usuarios (conductores, ciclistas, peatones, etc.), entre otras. Los paneles de señalización variable pueden ayudar a regular la circulación adaptándola a las circunstancias cambiantes del tráfico e informan a los conductores, advirtiéndoles de posibles peligros y dan recomendaciones o instrucciones de obligado cumplimiento.

Con lo anteriormente mencionado, se busca mejorar la seguridad vial, la movilidad, el impacto al medio ambiente y la comodidad del usuario en la vía, es decir, que pueda tener una circulación libre de imprevistos o de la necesidad de efectuar maniobras repentinas. El objetivo final es conseguir que los conductores, en cualquier punto de la red de carreteras, vean en los paneles una información por igual comprensible, coherente y adecuada al contexto del tráfico en el que se hallen.

Es por ello que en este capítulo se analizan aspectos sobre desarrollos tecnológicos y productos que han sido probados con éxito en otros países y que al ser adaptables a nuestro medio permitirían mejorar la señalización en Colombia y pueden por ello, ser aplicables en el contexto colombiano, dadas las condiciones de operación del tránsito y transporte, de diseño geométrico de las carreteras nacionales y su aplicación dentro de los objetivos y políticas de desarrollo vial de Colombia, entre otros.

6.1 TIPOS DE PANELES O SEÑALES DE MENSAJES VARIABLES

Se pueden clasificar de acuerdo a las diferentes capacidades que puedan tener las señales, lo que determina su modo de funcionamiento; de acuerdo a este criterio, se clasificará la señalización dinámica en dos categorías diferentes: señales mecánicas y señales eléctricas.

6.1.1 Señales mecánicas

En éstas el mensaje o mensajes son desplegados o cambiados por medio del movimiento físico de alguna de las partes que componen la señal. Para la visualización del mensaje emplearán la técnica de reflexión de la luz. Dentro de las señales mecánicas, se pueden destacar las siguientes:

- Paneles con bisagras: señales que pueden tener dos mensajes al girar los paneles con bisagras desplegando una u otra cara, o simplemente un mensaje con los paneles abiertos y en blanco cuando estén cerrados. Las placas pueden girar vertical u horizontalmente y tener algún dispositivo de apertura/cierre para evitar un uso no autorizado.
- Prismas giratorios: cada prisma o tambor tiene 3 caras, conteniendo cada cara una parte del mensaje, los cuales son desplegados al girar los prismas, uno por uno o todos a la vez, hasta la posición apropiada.
- Láminas deslizantes: en estas señales hay una o más series de placas rectangulares, que en conjunto forman un mensaje o una figura. Para mostrar el mensaje requerido se levantan o bajan las placas correspondientes.
- Cinta enrollable: la cara vista será una cinta continua de paño flexible o de plástico, que se extiende entre dos rodillos. Girando la cita hasta la posición apropiada se despliegan los mensajes impresos en la cinta.
- Matriz biestable: se ordenan elementos planos en una forma matricial, cuya combinación forma el mensaje que se pretende transmitir. Se puede hacer un montaje superficial continuo (forma cuadrada o rectangular) o insertarse sobre una superficie de fondo oscuro de forma circular.

6.1.2 Señales de funcionamiento eléctrico:

Los mensajes son mostrados cuando se encienden unas fuentes internas de luz y no se produce movimiento mecánico de ninguna parte de la señal para desplegar o cambiar el mensaje; para la visualización del mensaje el dispositivo emite señales luminosas. En la Tabla 51 se observan algunos dispositivos cuyo funcionamiento viene dado por las señales eléctricas.

- Dispositivos destellantes: Se añaden a las señales de mensaje fijo, y su mensaje se aplica solamente cuando están encendidos los dispositivos luminosos, o es reforzado por éstos, los cuales son actuados cuando existe algún peligro especial. Presenta las ventajas del bajo costo, facilidad en la fabricación e instalación y resulta muy apropiado para situaciones en las que la señalización persigue un

objetivo único; que se puede satisfacer bajo el esquema de funcionamiento dual del dispositivo (encendido o apagado).

- Señales de luz de fondo: Los mensajes vienen recortados en un tablero, y son desplegados al encender luces internas. Presentan el mismo esquema de funcionamiento (cuando se encienden) o no funcionamiento bajo la ausencia o presencia de una única condición.
- Señales de fibra óptica / paneles: Son señales preconfiguradas por puntos insertados en una pantalla en los cuales se recibe la luz a través de un haz de fibras ópticas (tantas como puntos de luz). En la cara de la señal, los extremos de estas fibras transmisoras de luz se disponen libremente en las celdas o agujeros de una placa reticular para dar lugar a los puntos luminosos que forman los caracteres gráfico o alfanuméricos del mensaje. Se puede recurrir a lámparas incandescentes o a monitores de tecnología LED, que permiten la combinación de caracteres alfanuméricos y colores y tecnologías de almacenamiento y despliegue de mensajes para poder transmitir mensajes de mayor variedad y complejidad.

El tipo de panel a utilizar en cada caso depende del tipo de información que se ha de comunicar, de esta manera se podrán instalar por ejemplo paneles de señalización variable alfanuméricos con pictogramas gráficos, que permiten comunicar cualquier situación o tipo de señal normalizada de tráfico en los pictogramas. De manera más sencilla se pueden usar paneles de señalización variable, pero de mensajes fijos con varias alternativas de información.

El MUTCD recomienda el uso de la señalización dinámica para publicar información reglamentaria, preventiva, de guía referente al control del tráfico y mensajes relacionados con la seguridad vial. Con ello se informa a los usuarios acerca de situaciones que pueden ir variando con el paso de los minutos, como en un corredor congestionado. Resalta el MUTCD que aún no existen estándares definidos en torno al tema de señalización de mensaje variable.

Dentro de los usos y aplicaciones para la señalización dinámica, se destacan los siguientes (ver Figura 116):

- Limitación o control de exceso de velocidad: Una reducción selectiva del límite de velocidad mediante la señalización variable puede ayudar a la disminución de la congestión, indicando el límite que hay que seguir o indicándole al usuario mediante sistemas de activación remota que ha excedido el límite que se le ha indicado.
- Dar a los usuarios información de alerta de puntos negros, riesgos transitorios sobre la vía o peligros específicos.

- Información sobre obras, desvíos e itinerarios de ruta aconsejados, educación vial, control de estacionamientos y medidas de ordenamiento del tráfico, así como de características de la operación de la vía.
- Detección del exceso de galíbo con el fin de proteger elementos que por su estructura puedan generar un peligro a la circulación vial o a los peatones.
- En Túneles, informa a los usuarios sobre el estado del tráfico, velocidad máxima controlada por radar y cualquier incidencia que pudiera producirse.
- Señalización de precaución en zonas de curvas peligrosas.
- Transmitir a los usuarios información sobre prácticas seguras de conducción, o simplemente mantener su atención sobre el trazado de la vía.

Figura 116. Diversos usos de la señalización dinámica



Fuente: Elaboración propia con base en imágenes de CECOM S.A, España

Un equipamiento de señalización dinámica puede ser instalado en diferentes entornos tales como: accesos a vías urbanas con alto grado de peligrosidad, zonas con mal estado de la vía donde es necesaria una reducción de la velocidad, en zonas de curvas muy peligrosas y altos volúmenes de tráfico, en zonas

escolares, entre otros. Algunos ejemplos de dispositivos de señalización de funcionamiento eléctrico se pueden apreciar en la Tabla 51.

Tabla 51. Algunos dispositivos de señalización dinámica de funcionamiento eléctrico.

Dispositivo	Imagen
Letrero de señalización convencional, con incrustación de <i>LEDs</i> que la resaltan. Puede encenderse automáticamente de noche, o puede encenderse cuando por medio del radar se detecte una velocidad superior a la que expresa el límite.	
Señalización variable en un panel montado sobre un vehículo. Para dar indicaciones de velocidad o indicaciones generales en la vía.	
Indicador de desvío de trayectoria, ampliamente utilizado para señalización temporal de obra. Tiene que ser resistente a condiciones extremas de temperatura y clima, y contar con una muy amplia visibilidad. De preferencia contará con <i>LEDs</i> para su iluminación, con regulación de intensidad ajustable (por un sensor de luminosidad o manualmente) para que funcione adecuadamente tanto de día como de noche.	
Taches con <i>LEDs</i> que pueden ser utilizados para autopistas, estacionamientos, caminos aislados y otras aplicaciones de tráfico similares. De utilidad para la mejora de las condiciones de visibilidad nocturna.	

Fuente: Elaboración propia, con base en información consultada de GTD Chile

6.2 OPERACIONES ESPECIALES DE TRÁFICO

La señalización dinámica es un elemento clave para la organización de operaciones especiales de tráfico., que se puede definir de la siguiente forma:

“Desde el punto de vista operativo, se podría definir como el conjunto de operaciones y medidas puestas en marcha como consecuencia de una situación de tráfico extraordinaria, prevista y de duración limitada”⁵³

Las características generales de la movilidad, que justifican la puesta en marcha de operaciones especiales son:⁵⁴

- *“Aumento considerable de movimientos circulatorios*
- *Predominio de vehículos ligeros*
- *Desequilibrio de intensidades registradas según sentidos de circulación*
- *Presencia de itinerarios singulares, propios y preferidos*
- *Presencia de conductores no habituales en determinadas rutas*
- *Altas concentraciones de vehículos en las carreteras en determinadas horas y días”*

Dentro de las medidas de gestión que se pueden implementar por medio de la señalización dinámica, están la decisión a nivel nacional, regional o metropolitano sobre itinerarios alternativos para los viajes de recorridos largos, con el fin de optimizar la capacidad vial y la fluidez del tráfico; favorecer la seguridad vial, compensación de insuficiencias en el diseño del trazado, como carriles de aceleración con escasa longitud, puntos de conflicto saturados, reducción en el número de carriles de circulación, e imponer reglas especiales en operaciones de control de tráfico de un determinado tramo que presenta alta intensidad de tráfico en horas determinadas. (Ejemplo: prohibición de adelantar para camiones). Esta serie de medidas de gestión se puede ver de forma sintetizada en la Tabla 52.

Hay que conocer los siguientes datos de una vía en la que se quiere implementar un sistema de señalización dinámica:

- **Accidentalidad:** se determina si la transmisión de determinados mensajes específicos a los usuarios podría ayudar en la reducción de su ocurrencia; antes de ello, resulta estrictamente necesario conocer más acerca de sus causas, características de las víctimas mortales, de los accidentes leves y las circunstancias especiales. Identificación de carreteras y tramos conflictivos, así como de puntos críticos.

⁵³ BELDA ESPLUGUES, Faubel Cava. Metodología para la aplicación de los ITS en la gestión de las operaciones especiales de tráfico. Dirección general de tráfico, España.

⁵⁴ Op. cit

- Incidencias: se requiere conocer las vías, los tramos e intersecciones u otros puntos en vía afectados por congestión, conflictos de tránsito y evaluación del nivel de servicio.
- Movimientos: conocer su distribución por sentidos, movimientos diarios, volúmenes y velocidades de circulación así como la evolución temporal que ha presentado y la influencia que las medidas de gestión del tráfico tomadas previamente –de haberlas- han tenido en su evolución y con ello establecer medidas para favorecer la fluidez y la seguridad de la circulación, y cualquier detalle operativo de la vía de importancia general.
- Características de la vía: diseño geométrico, inventario de señalización existente, la influencia de la trayectoria del sol y su luz a lo largo del trazado de la vía en la visibilidad que se tiene sobre la misma, la presencia de otros elementos que afectan las distancias de visibilidad, condiciones climáticas en general.

Dentro de la señalización dinámica se distinguen varios niveles: la totalmente automática, la señalización que se controla manualmente desde un centro de control haciendo variar el mensaje, o controlando los dispositivos luminosos. También existe un tipo de señalización dinámica orientada a señales fijas que tienen varios tableros fijos que pueden rotar para mostrar un tablero determinado en alguna hora específica del día; la señalización automática va asociada al uso de equipos de radar, mientras que la manual al requerir de un operario, va asociada con las campañas de tránsito, seguridad vial y movilidad.

En cuanto al funcionamiento de las señales dinámicas, tiene que haber claridad respecto a las políticas que regirán los siguientes aspectos: quién asume la responsabilidad por su funcionamiento, las operaciones generales, cuándo no se operarán, los mensajes durante las horas pico y no pico, planes de despliegue de mensajes y manejo de tráfico en obras o eventos especiales, tiempos de viaje, desvíos, reglamentación de la circulación, operación en condiciones climáticas adversas, anuncios y publicidad, campañas de seguridad vial, publicación de mensajes policiales o de alerta general y de mensajes de prueba, entre otros.

En las vías urbanas los paneles de señalización dinámica resultan de gran utilidad para reducir la congestión que se puede presentar en un trayecto determinado y donde existe la opción de utilizar una o varias rutas alternativas dentro del entramado de la red; su uso en zonas urbanas requiere además de un adecuado sistema de monitoreo del tráfico en tiempo real que permita detectar incidencias en el menos tiempo posible. La eficiencia de la señalización variable en este caso decrecerá entre mayor sea el tiempo de demora en anunciar un incidente determinado.

Tabla 52. Situaciones en vía que ameritan indicar la reducción de velocidad o desviaciones.

Condición	Situación a indicar
Estado del tránsito	Avisar de la interrupción en la circulación en toda la calzada
	Señalizar congestión en toda la calzada
	Anunciar un desvío obligatorio por congestión
	Evitar la toma de un desvío que presenta congestión
	Desvíos sugeridos para agilizar el tránsito
	Estado del tráfico en vía principal
	Estado del tráfico en un desvío
Cambios en la capacidad de la vía	Cierre de uno o varios carriles por obras
	Implementación provisional de carriles adicionales
	Autorizar la circulación provisional por la berma
	Facilitar incorporación de vehículos que utilizan una berma
	Anunciar la presencia de obstáculos en una berma
Condiciones climáticas que alteran la circulación	Lluvia (moderada o intensa)
	Neblina
	Viento
Circunstancias especiales	Desfiles, eventos deportivos, manifestaciones.

Fuente: Elaboración propia

6.3 INSTALACIÓN DE PANELES DE SEÑALIZACIÓN DINÁMICA

De acuerdo con el Manual Norteamericano de Señalización Variable⁵⁵, se enfatiza la importancia de establecer objetivos claros en cuanto a la señalización que se instale, así como diseñar y priorizar los mensajes que se utilizarán en los paneles, antes de proceder a la adquisición de equipos. Muchas veces sucede lo contrario, y es que se adquieren equipos de determinadas especificaciones antes de identificar a plenitud las necesidades y mensajes que se requiere desplegar, lo

⁵⁵ Nombre en su versión original: *Changeable Message Sign Operation and Messaging Handbook*. Se nombra para fines de este capítulo de forma muy generalizada como el “Manual Norteamericano de Señalización Variable”.

que trae como consecuencia que la capacidad de los equipos pueda resultar insuficiente, lo que reduce su legibilidad y valor funcional.

Es por ello que se recomienda el siguiente procedimiento para la adquisición de equipos de señalización variable y su puesta en marcha:

- a) Establecer los objetivos que se busca alcanzar con la señalización dinámica. Para ello se identificará el problema y se mencionará de forma específica el tipo de usuario a quien se transmitirán los mensajes, y se definirá el tipo y la intensidad de la maniobra esperada, el sitio donde hay que efectuarla, y cómo se operará la señal para el cumplimiento de los objetivos. Las maniobras que se espera que un conductor efectúe se clasifican en tres grandes grupos: **Reducir la velocidad** de circulación parcial o totalmente, realizar una maniobra de **cambio de carril** por restricciones especiales o tomar un **desvío** por una ruta alterna.
- b) Preparar de antemano los mensajes que resulten necesarios para el cumplimiento de los objetivos planteados; la longitud de los mensajes definirá el tamaño de los caracteres, la longitud de una línea y el número de líneas que se requerirá en el panel. Si se requiere reducir la longitud de los mensajes será preciso hacerlo, al operador de la señal se le podrán brindar tres opciones: seleccionar un mensaje de una lista predeterminada, seleccionar un mensaje de una lista con la posibilidad de efectuar modificaciones (como una indicación de distancia) y la posibilidad de crear un nuevo mensaje si los existentes no se ajustan a la situación que se pretende mostrar.
- c) Determinar la distancia de legibilidad requerida para que los usuarios de la vía dispongan de suficiente tiempo para leer y comprender los mensajes que se diseñan.
- d) Asignar las ubicaciones adecuadas para los dispositivos de señalización; es fundamental que se cumplan las distancias de legibilidad antes establecidas y que haya compatibilidad en distancias de ubicación y mensaje con las señales verticales, para que se forme un sistema de información compatible e integrado.
- e) Identificar el tipo y la extensión de las restricciones que puedan afectar la legibilidad de los dispositivos mediante el reconocimiento en campo de elementos que pudieran afectar la visibilidad como puentes, postes o geometría de la vía misma. De haber problemas por obstrucción de la vista de las señales, se cambiará la ubicación de los paneles o se reducirá la longitud de los mensajes.

- f) Identificar las condiciones ambientales del sitio donde se instalan las señales, y que por lo tanto serán las que sean determinantes en su fase de operación; condiciones como lluvia frecuente, neblina, calor excesivo, polvo, entre otras afectarán la legibilidad de las señales. En caso de hallarse presentes se ampliarán las exigencias técnicas de los dispositivos que se adquieran.
- g) Determinar el valor funcional y la legibilidad de los mensajes ‘postulados’; la evaluación de la efectividad de los mensajes seleccionados en las ubicaciones seleccionadas determinará si se modificará la longitud del mensaje o si se requerirá efectuar cambios en las especificaciones de los equipos.
- h) Determinar el costo de los mensajes seleccionados.
- i) Seleccionar los mensajes que son legibles bajo todas las condiciones que plantee la vía y su entorno y dentro de unos costos permisibles.

6.4 PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LOS PANELES

Los paneles de señalización variable, como se mencionó anteriormente, sirven para informar sobre circunstancias inesperadas o cambiantes en el tráfico o la vía, no necesitan hallarse siempre encendidos, y al hallarse encendidos tienen que considerar una serie de aspectos para que su mensaje sea significativo.

Un panel apagado infunde en el conductor la sensación de que, dentro del rango de informaciones que suelen dar estos dispositivos, no hay nada en el horizonte de su desplazamiento que pueda ser motivo de preocupación; por el contrario, si hay muchos paneles encendidos exhibiendo información repetitivamente, el conductor experimente una reducción de la incertidumbre, lo que lo llevaría de forma mecánica a mirar los mensajes en los paneles sin rastrearlos completamente o simplemente a ignorarlos, desembocando en la pérdida de funcionalidad de los paneles. Además, si previamente ha ocurrido que el conductor ha superado ese problema sin adoptar medidas especialmente dramáticas, se corre el riesgo de no prepararle adecuadamente cuando de verdad haga falta.

Es por esto que sólo se encenderán los paneles si hay algo relevante para comunicar al conductor, cuando se enciendan los paneles se dará total prioridad a la publicación de mensajes de tránsito sobre los mensajes de interés general, y sólo se exhibirán cuando no haya mensajes de tránsito para mostrar. Por otra

parte, los mensajes de interés general se mostrarán en períodos de tiempo limitados y en las horas en que el tráfico es menos intenso, y vinculados a un programa o a una campaña de seguridad vial que además tenga difusión por medios de comunicación.

Antes de la puesta en funcionamiento de una señal, también se tiene que tener claridad respecto a qué usuarios va dirigido el mensaje. Puede ir dirigido a todos los usuarios de la vía en general, o a un grupo de usuarios en particular (usuarios de un carril, o usuarios que se dirigen a un destino específico, por ejemplo); el grupo objetivo que será receptor del mensaje determina el tipo de mensaje que se publicará, así como su duración, entre otros.

En cuanto al mensaje que se transmite, el proceso general incluye determinar el propósito de su utilización, seleccionar el mensaje apropiado y publicarlo, determinar el período de tiempo que se utilizará, verificar que no haya conflictos ni incongruencias en el mensaje seleccionado y publicar el mensaje. El mensaje deberá indicar al usuario el tipo de problema sobre la vía, su ubicación, la afectación que tiene sobre los carriles de circulación, el grupo de usuarios a los que va dirigido el mensaje, y la maniobra recomendada o requerida. Se tendrán en cuenta las siguientes premisas para la publicación de los mensajes:

- Considerando un conductor con una agudeza visual estándar, se considera que un panel de señalización es legible desde una distancia de 200 metros, que se vuelven 165 metros en promedio, tomando en consideración la distancia a la cual la señal no es legible (ver Numeral 3.6.2 del documento).
- Si un conductor viaja a 120 km/h, tendrá un tiempo entre 4,5 y 5 segundos para leer el mensaje.

Tomando la expresión que relaciona el número de palabras (n) con el tiempo de lectura en segundos⁵⁶, para un tiempo de 5 segundos se tendría $n = 9$, es decir que lo máximo permisible es 9 palabras en el mensaje del panel. Con una ventana de lectura de 5 segundos a 120 km/h, los mensajes deben ser forzosamente breves y fáciles. De cualquier forma, lo máximo recomendable es de 7 palabras en el mensaje, dependiendo también del diseño que posea el panel.

En Gran Bretaña se hace uso de un criterio para la gestión de la señalización variable que es el de utilizar como máximo cuatro (4) líneas con cuatro (4) palabras cada una; en la Figura 117 se observa la variación de los tiempos de

⁵⁶ $T = 2 + \frac{n}{3}$, donde T es el tiempo de lectura en segundos y n es el número de palabras o pictogramas en el mensaje.

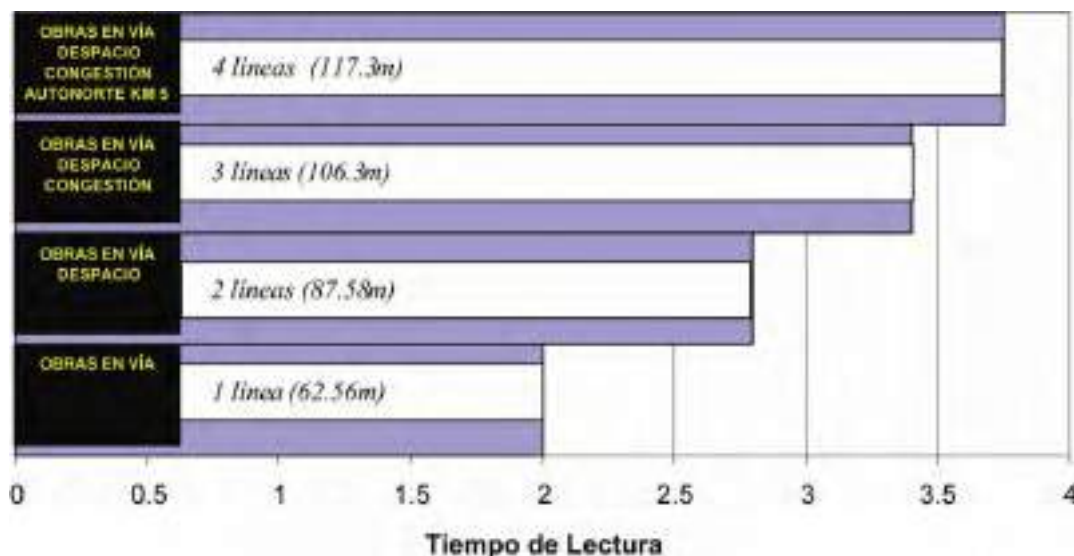
lectura según las combinaciones que se utilicen para el mensaje anterior. Si un vehículo viaja a una velocidad de 70 mph (112,65 km/h), los tiempos de lectura pueden variar entre 2 y 3,7 s., dependiendo de la complejidad del mensaje⁵⁷.

Si un conductor se halla en una vía conduciendo a una baja velocidad con una baja densidad de tráfico, se considera que no habrá mayor riesgo, por otra parte, a mayores velocidades y mayores densidades del tráfico se incrementará el riesgo de accidentalidad por dar vistazos a la señalización variable aunque estos sean aún más cortos. Es por esto que a medida que hayan mayores velocidades o densidades de circulación los mensajes se tienen que volver lo bastante cortos y ser adecuadamente priorizados, lo que no será un problema en momentos de baja intensidad de la circulación vehicular, y los paneles requieren más tiempo para su lectura que las señales de tránsito ordinarias.

El Manual de Señalización Variable Norteamericano recomienda el uso de máximo cuatro (4) unidades de información para velocidades de operación superiores a 35 mph (56 km/h), siendo extensible a máximo 5 para velocidades por debajo de este límite. Una unidad de información será la respuesta más abreviada posible a alguna pregunta específica concerniente al tráfico (¿qué sucedió, dónde, qué consecuencias, a quién se da la indicación y que se recomienda o qué se ordena hacer?). A la vez un renglón podrá contener una unidad de información, o 2 como máximo. En la Figura 118 se ejemplifica la forma de utilizar mensajes en los dispositivos.

⁵⁷ Dentro del estudio de la Universidad de Leeds se tienen en cuenta los mensajes en 2 idiomas diferentes para la evaluación de algunos tipos de mensaje, circunstancia que no hace falta considerar para Colombia.

Figura 117. Tiempos de lectura y distancias promedio recorridas para mensajes variables de diferente extensión.



Fuente: Adaptación de University of Leeds

Figura 118. Ejemplo de mensajes utilizables en señalización dinámica

ACCIDENTE PTE. BOQUERÓN USE VARIANTE	OBRAS VÍA 400 M CARRIL. IZQ. CERRADO
TORMENTA 3 KM MODERE VELOC.	TIEMPO ESTIM. BOGOTÁ 50 MIN

Fuente: Elaboración propia

Mensajes largos o que posean palabras de difícil comprensión ocasionarán un descenso de la velocidad de marcha de los conductores a medida que se acercan al panel, debida que los conductores quieren ganar tiempo para leer el mensaje, determinar si la información que observan es relevante para ellos, buscar información adicional o complementaria o simplemente porque el vehículo que circulaba al frente redujo su velocidad de marcha.

En todo caso se tiene que evitar la ocurrencia de esta disminución repentina de velocidades que se puede volver un factor que propicie la accidentalidad; además, si existen otras condiciones como la presencia de camiones en el tráfico que pueden obstruir la visión, la presencia de lluvia o neblina o condiciones lumínicas

adversas que restringen la visibilidad de la señal, se tiene que reducir obligatoriamente la extensión del mensaje.

Las unidades de información del mensaje se compondrán en el caso más complejo por pictogramas, topónimos, números, abreviaturas y descriptores, entre otros; en esas unidades de información que se despliegan surge la necesidad de evitar la redundancia en los mensajes y los términos innecesarios, dado el tiempo limitado del cual dispone el conductor para la aprehensión del mensaje.

Los pictogramas tendrán especial relevancia en medida que estos sean más eficientes para la transmisión de mensajes, exactamente como ocurre con las señales verticales. Además, los pictogramas se pueden distinguir a una distancia en ocasiones hasta el doble que la de un texto y transmiten un mensaje universal, ahora, un pictograma específico tendrá una prioridad sobre cualquier otro pictograma genérico, y se deberá preferir el uso de pictogramas que muestren consecuencias frente a los que muestren causas (ver Figura 119). Lo anterior debido a que muestran información más importante que orientan a los conductores respecto al orden de las acciones que tienen que ejecutar para maniobrar el vehículo correctamente en la vía.

Figura 119. Ejemplo de pictogramas utilizados en señalización dinámica en España.



Fuente: Manual de Señalización Variable⁵⁸.

Para la publicación de elementos alfanuméricos, se tendrá en cuenta que cada tipo de información ocupa su propia línea: la primera será para la información adicional sobre la naturaleza del evento; segunda, para la información relativa a la distancia y/o extensión del mismo, y la tercera, para indicar al usuario las causas o consejos adicionales. Teniendo en cuenta que siempre hay que manejar cierto

⁵⁸ Aprobado mediante Resolución 9838 de 1 de junio de 2009 de la Dirección General de Tráfico. Ministerio del Interior, España.

grado de flexibilidad con el contenido de los mensajes, además sujeto a las limitaciones del dispositivo se recomienda seguir el mismo orden para la publicación de mensajes: naturaleza del evento, localización, consejo y causa, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Se distinguirá, al igual que con los pictogramas, entre el evento principal (causas) y las consecuencias para el tráfico que surgen a raíz del evento.
- Se recurrirá al uso de abreviaturas que sean estandarizadas internacionalmente, o bien que se hallen indicadas por la Real Academia Española, o en su defecto que resulten de fácil comprensión y tengan un sentido inequívoco.
- La extensión de un evento se puede indicar cuantitativamente mediante la longitud del mismo, o cualitativamente indicando la localización geográfica de los puntos de inicio y la finalización del mismo.

En vías de alta velocidad, el conductor tiene un margen limitado de reacción y de acomodación a la situación; es por ello que no se debe dar al conductor la oportunidad de relativizar si 500 m. o 2 Km. significa cerca o lejos, sino hay que habituarlo a tomar medidas en cuanto perciba el pictograma de advertencia de peligro (que modere su velocidad, que incremente y mantenga su atención, que esté más alerta), y que entienda que encontrará el peligro en breve, cerca, aunque de forma inespecífica. Esto genera significado al mensaje que se proyecta en los paneles, por lo que la regla general a seguir será no avisar sobre eventos que ocurren con relativa lejanía; en los mensajes, se debe diferenciar claramente entre una advertencia (peligro inminente que requiere una maniobra inmediata) e informar sobre un peligro, que se hará cuando haya algo de lejanía y se puedan tomar acciones remediales en ese trayecto, como un desvío.

Cualquier mensaje de señalización variable debe suministrar al usuario información en tiempo real, que sea confiable, exacta y relevante, lo que contribuye a la credibilidad del mensaje; si los mensajes no son cambiados en el momento correcto o transiten mensajes erróneos respecto a lo que el usuario se encuentra en la vía, perderán credibilidad; lo que le quita todo valor funcional no solo a una señal, sino al sistema en conjunto.

El Manual de Señalización Variable norteamericano, señala ocho razones que le restan credibilidad al sistema de señalización dinámica: 1) Información inexacta (ejemplo: anuncio de un accidente que no existe), 2) Información desactualizada, 3) Información irrelevante, 4) Información obvia o demasiado evidente, 5) Información repetitiva en períodos del día, 6) Información trivial, 7) Información errónea y 8) Mensajes inadecuadamente diseñados o desplegados.

Para evitar este tipo de inconvenientes, el operador de un dispositivo de señalización dinámica tiene que conocer en todo momento y con exactitud la información de los incidentes sobre la vía, su ubicación, implicaciones de los incidentes y posible duración, condiciones en la vía previas y condiciones en las vías alternas, en caso de requerirse efectuar desvíos en el tráfico; además la información puede venir de fuentes oficiales que permiten constatar su veracidad o de fuentes no oficiales. La información de fuentes no oficiales pese a no poder constatar de forma inmediata puede ser de mucho valor bajo circunstancias determinadas, y podría resultar clave como punto de partida para la obtención de información por parte de fuentes oficiales.

6.5 REGLAMENTACIÓN DE LA CIRCULACIÓN CON PANELES DINÁMICOS

En cuanto a la función reglamentaria que cumplen las señales, es decir obligar y prohibir, no tiene tan buena acogida entre los conductores, por tratarse de una función que viene a anunciar restricciones y a cambiar planes y expectativas que cada cual asumía en su desplazamiento (velocidad de circulación, maniobras, direcciones, entre otros). Cuando se reglamenta el uso de una vía utilizando la señalización dinámica, se requiere adicionalmente contar con normas de adecuación funcional, de cuantificación y de vigilancia y sanción.

Antes de recurrir a la función reglamentaria en los paneles de señalización variable, habrá que asegurarse de que, efectivamente esa prohibición u obligación específica es la solución a la situación vial o de tráfico que se pretende remediar; después de recurrir a la función reglamentaria, es de vital importancia cerciorarse que se pueden establecer con claridad los términos de prohibición o limitación, en sus magnitudes específicas como el momento, lugar, distancia o extensión, entre otros. Cada prohibición dada por la señalización temporal debe tener una limitación dentro de niveles específicos debidamente cuantificados; por ejemplo, una reducción de velocidad temporal tiene que tener un límite de velocidad establecido y justificado técnicamente, válido por un tramo de una longitud determinada.

Adicional a lo anterior, hay que tener la posibilidad de realizar vigilancia y contar con la presencia de autoridad que sancione el incumplimiento de las normas. La efectividad operativa sancionadora determina la capacidad para gestionar de forma eficiente y creíble una obligación o una limitación; por ello, se recomienda utilizar la señalización con fines reglamentarios sólo si se cuenta con la posibilidad de su adecuación, su debida cuantificación y la vigilancia para que se cumpla la reglamentación establecida.

De no contar con alguno de los tres requerimientos para implementar reglamentaciones con la señalización dinámica, lo más aconsejable será advertir el peligro o simplemente efectuar una recomendación, lo que resulte más conveniente.

Por otra parte, para un futuro, la tecnología automotriz permitirá visualizar la señalización por medio de pantallas digitales (ver Figura 120) en el interior de los vehículos en los que se desplazan. Esta señalización se controla por medio de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) y es totalmente adaptable a las condiciones puntuales del entorno; de forma que el desarrollo y expansión de esta tecnología hará menos necesario el uso de las señales verticales en un contexto físico, y será la tendencia que adquiera la señalización dinámica.

Figura 120. Señalización virtual.



Fuente: Armengol Torres, Road Beacon System, 1995.

7 CRITERIOS DE IMPLEMENTACIÓN EN SITUACIONES TÍPICAS

En este capítulo se presentan los criterios más generalizados que existen para señalizar situaciones determinadas o típicas que se pueden presentar en una vía, y que por lo tanto requieren el uso de esquemas específicos de señalización, involucrando a varias de las señales y dispositivos que contempla el MSV colombiano. Para ello se tienen en cuenta aspectos de normatividad, desarrollos tecnológicos y metodologías que han sido exitosas en otros países y que pueden ser aplicables en el contexto colombiano, dadas las condiciones topográficas, de operación del tránsito, de diseño geométrico de las carreteras nacionales y su forma de encajar dentro del marco de proyectos y políticas en materia de desarrollo vial de Colombia, entre otros.

7.1 LÍMITES DE VELOCIDAD

La señal de Velocidad máxima se utilizará para notificar a los conductores el valor de la velocidad máxima a la cual deberán circular los vehículos, de conformidad con los límites de velocidad establecidos por la legislación de tránsito vigente y con base en un estudio de ingeniería de tránsito. Es de común recomendación en muchos países, que al igual que en Colombia, los límites de velocidad se indiquen en múltiplos de 10 kilómetros⁵⁹ por hora. Se han de fijar límites de velocidad máxima en los siguientes casos de forma especial o diferenciada:

- Zonas urbanas
- Entrada y salida de planteles educativos, zonas residenciales, hospitales, clínicas y lugares donde se llevan a cabo actividades de interés público: El Código Nacional de Tránsito establece que la velocidad máxima permitida en estas zonas será de 30 km/h.
- Autopistas y vías rápidas⁶⁰

Para fijar valores apropiados para los límites de velocidad, se tienen en cuenta los siguientes factores técnicos:

- Infraestructura: Características de la superficie de rodadura, bermas, pendiente, alineamiento horizontal, distancia de visibilidad de parada y fricción del pavimento para superficie húmeda, velocidad de diseño segura en curvas horizontales con el

⁵⁹ El manual centroamericano recomienda que sean intervalos de 5 kph.

⁶⁰ Para autopistas, el manual centroamericano y otros también recomiendan la reglamentación de la velocidad mínima.

pavimento mojado o la existencia de sitios peligrosos, en especial por visibilidad restringida, incluyendo iluminación o el efecto del clima.

- Operación: Valor de la velocidad en el percentil 85 y de la velocidad máxima segura.
- Usuarios: Usos del suelo y nivel de desarrollo urbano sobre la vía, actividad peatonal y maniobras de estacionamiento, si hubiere y seguimiento de la accidentalidad vial.

Por recomendación generalizada en muchos manuales, se debe evitar el uso de límites excesivamente bajos cuando la velocidad de diseño o de circulación es alta, ya que con ello se incentiva la desobediencia generalizada de los límites de velocidad y la pérdida de respeto por esta señal. Con este fin, es primordial la realización de un estudio de velocidades para determinar el valor de la velocidad del percentil 85. Este valor marca el límite aceptable de desobediencia en una población normal de conductores.

En el área urbana, existen varias condiciones y muy diversas que justifican una reducción del límite de velocidad, con el fin de garantizar la integridad de otro tipo de usuarios como peatones, escolares, ciclistas, entre otros que se encuentren en una condición más vulnerable. Pueden tratarse de restricciones tramos puntuales de la vía o sobre un área que puede abarcar varias calles, y la limitación puede tener efecto durante ciertas horas o en ciertas condiciones, o durante todo el día.⁶¹

En el manual centroamericano se definen dos situaciones especiales que requieren señalización especial y dispositivos más específicos para garantizar una reducción efectiva de la velocidad a límites máximos aún más bajos que los normales del área urbana: la zona residencial y la zona escolar, que será mencionada en un numeral posterior.

7.1.1 Zonas residenciales

La zona residencial se basa en el concepto holandés de “Woonerf”, que en otros países se conoce como barrio tranquilo, barrio calmado o “Zona 30”. En zonas con uso del suelo predominantemente residencial, se busca una disminución considerable de los impactos negativos que produce el tránsito automotor, tales como el ruido, la contaminación por emisiones de gases, el deterioro de la superficie de ruedo de las calles locales y sobretodo, reducir al mínimo el riesgo de un atropello o de la ocurrencia de accidentes de tránsito en general.

Como se quiere dar prioridad a peatones y a ciclistas, se obliga a los vehículos a transitar a una velocidad reducida, y a que el tránsito vehicular tenga un único origen y un único destino dentro del área protegida. Desde el punto de vista del tránsito, en estas zonas

⁶¹ Manual centroamericano (Op cit), pag 2.44

regirá una velocidad máxima de circulación de 30 km/h, y se indicará su inicio mediante una señal correspondiente. Para garantizar que la reducción de velocidad sea efectiva y desmotivar a los vehículos de paso, como mínimo se debe dotar la zona con dispositivos reductores de velocidad sobre las vías locales⁶².

Otra situación que justifica la reducción del límite de velocidad máxima en tramos aislados, es cuando se presentan altos flujos peatonales generados o atraídos por planteles educativos, hospitales, clínicas, estadios, cines y otros sitios en que se llevan a cabo actividades de interés público. Para lograr una mayor obediencia de los conductores al límite de velocidad en estas zonas de velocidad restringida, es conveniente establecer regulaciones que indiquen que la velocidad máxima debe reducirse sólo mientras los peatones estén presentes. Fuera de los períodos en los que apliquen esa serie de condiciones especiales, deberá regir la velocidad máxima normal de la vía; para ese fin, se utiliza una placa complementaria debajo de la respectiva señal preventiva que advierte de la presencia de esos flujos peatonales.

Dentro de las alternativas que existen para el posicionamiento de las señales de Velocidad máxima en otras zonas, están el uso de luces intermitentes en el período que aplique la restricción para una zona escolar o el uso de una placa de velocidad “sugerida” (Figura 121).

Figura 121 Placa de velocidad sugerida



Fuente: Elaboración propia

La placa de velocidad sugerida se utilizará bajo una señal preventiva, junto con las señales de zona escolar, peatones en la vía, zona deportiva, o en curvas pronunciadas; dentro de una zona escolar siempre tiene que haber una velocidad reglamentaria, no sugerida, su uso bajo la señal preventiva da a entender que es una velocidad que aplica mientras esté presente en el recorrido la condición que justifica el uso de la señal preventiva.

⁶² En el manual colombiano no hay señales específicas que indiquen la presencia de zonas residenciales.

7.1.2 Localización de señales de límites de velocidad

Las señales de límite de velocidad siempre se deberán ubicar en los puntos donde existe el cambio de un límite de velocidad a otro, y se ubicarán periódicamente para recordarle al conductor el límite de velocidad vigente; también se instalarán cada vez que haya un cambio en la velocidad máxima segura de operación por las características geométricas de la carretera, o a la entrada y salida de una zona residencial, después de intersecciones o después de cualquier acceso o entrada a la vía, para reforzar el mensaje de velocidad máxima permitida a los usuarios de la vía principal y para darlo a conocer a los usuarios de la vía nueva.

El punto exacto donde se va a instalar la señal de Velocidad máxima se deberá seleccionar con cuidado, ya que el límite de velocidad rige a partir del sitio donde se coloca la señal; la señal no deberá colocarse con mucha anticipación del sitio donde realmente se requiere, ni tan cerca que no de tiempo a los vehículos de desacelerar en forma suave. Si la señal se coloca en un sitio que llena las expectativas de los conductores, el límite de velocidad infunde respeto y así se incentiva y reafirma la obediencia de los límites de velocidad establecidos.

Añade la Norma española al respecto, que los límites de velocidad serán múltiplos de 10 km/h, y aconseja considerar para el diseño en general una tasa de desaceleración de 7km/h/s, a partir de un modelo de desaceleración uniforme por medio de un frenado suave, complementado por la inclinación de la rasante y considerando un tiempo PIEV de 2 segundos. Con el fin de que realmente se reduzca la velocidad la señalización se podrá complementar estrechando los carriles, reduciendo su anchura en función de la velocidad limitada (ver Tabla 66).

En vías urbanas, la velocidad máxima será la estipulada por el Código Nacional de Tránsito; se recomienda a las autoridades competentes de una determinada zona urbana dictaminar una velocidad máxima por debajo de este límite si se cumplen algunas de las siguientes condiciones⁶³:

- La distancia entre paramentos es menor a 10 m
- La anchura de los carriles de circulación es menor a 3,5 m
- El ancho de los andenes es menor a 3 m
- Hay presencia de peatones incontrolados o de numerosos pasos para peatones.

⁶³ Adaptación de recomendaciones de la Norma española 8.1-IC.

- En general, cualquier otro motivo debidamente justificado relacionado con la seguridad vial.

Donde no se disponga de visibilidad suficiente para detenerse ante un obstáculo imprevisto en la calzada, se limitará la velocidad a valores compatibles con la visibilidad disponible; cualquier señal de Velocidad máxima se considera de aplicación a partir de la sección misma en la cual se encuentran instaladas, por lo tanto, la primera señal deberá ser vista desde una distancia tal, que a su altura la velocidad haya disminuido desde la velocidad de aproximación a un valor menor o igual al que el límite de velocidad reflejado en ella indique.

Para ello, se recomiendan unas distancias de colocación de las señales en función de la velocidad de aproximación, que se observan en la Tabla 53; hay que considerar que las reducciones de velocidad que sean superiores a 40 km/h exigirán la colocación de varias señales, que se escalonarán de manera que el intervalo de velocidades entre ellas sea menor al principio y mayor al final, esto se muestra en la Tabla 54.

Tabla 53. Distancia de visibilidad geométrica mínima (en m) a una señal de limitación de velocidad

Velocidad de aproximación (km/h)	Limitación de velocidad en la señal (km/h)										
	0	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
40	55	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	80	70	60	45	-	-	-	-	-	-	-
60	105	95	85	75	55	-	-	-	-	-	-
70	-	-	120	105	90	65	-	-	-	-	-
80	-	-	-	140	120	100	75	-	-	-	-
90	-	-	-	-	160	140	105	85	-	-	-
100	-	-	-	-	-	180	155	125	95	-	-
110	-	-	-	-	-	-	205	175	140	100	-
120	-	-	-	-	-	-	-	225	190	155	115

Fuente: Norma 8.1-IC de España

Tabla 54. Distancia entre señales sucesivas de velocidad limitada

Desde (km/h)	Hasta (km/h)								
	0	20	30	40	50	60	70	80	90
40	35	-	-	-	-	-	-	-	-
50	50	45	35	-	-	-	-	-	-
60	-	65	55	40	-	-	-	-	-
70	-	-	80	65	50	-	-	-	-
80	-	-	-	95	80	60	-	-	-
90	-	-	-	-	111	90	65	-	-
100	-	-	-	-	-	127	105	75	-
110	-	-	-	-	-	-	145	115	80

Fuente: Norma 8.1I-C de España

La Norma española recomienda adicionalmente al respecto, que cada señal debiera ser visible desde la ubicación de la anterior, y que se deberá reiterar la limitación de velocidad en tramos muy largos o cuyo trazado sea confuso. Se recomienda la reiteración de la señal del límite de velocidad en las vías de acuerdo a las distancias de reiteración formuladas en la Tabla 26; además, el fin de una zona con un límite de velocidad determinado se debe indicar con total claridad para el usuario indicando el punto a partir del cual esa velocidad deja de ser exigible por medio de la indicación con señales del nuevo límite de velocidad.

7.2 ZONA ESCOLAR

La señalización de las zonas escolares siempre ha sido un tema que preocupa a los profesionales relacionados con el área de la seguridad vial en todo el mundo. Garantizar la seguridad apropiada, sobre todo para los niños que hacen uso de la vía es una tarea para la cual surgen año tras año, nuevas soluciones basadas en dispositivos diversos, siempre buscando la mayor eficacia posible en el manejo del tránsito.

Antes de mencionar aspectos sobre los dispositivos físicos, hay que partir de una serie de premisas básicas que constituyen el punto de partida para todo diseño de la señalización que allí se instalará. Los niños por naturaleza perciben las condiciones del tráfico diferentemente de la forma en que un adulto lo hace, así que se hace preciso, en primer lugar la enseñanza de prácticas seguras en la vía a los niños en las escuelas; esto debido a que los niños hacen cosas tales como:

- Asumir que los vehículos se detienen inmediatamente
- Piensan que si ellos pueden ver al auto, ellos son visibles para las personas dentro del auto
- No estiman de forma adecuada la velocidad y la distancia
- Tienen un campo visual reducido una tercera parte en comparación con el de un adulto
- No discriminan correctamente la dirección de los sonidos
- Están concentrados en otras cosas y no atentos a lo que sucede en la vía
- Fantasía y realidad se entremezclan en su imaginario
- No tienen noción de peligro, por lo que no suelen percibir situaciones del tráfico que representen riesgo
- Sobreestiman su conocimiento y su capacidad física

Hay además un principio básico que surge de lo mencionado anteriormente: los niños toman la ruta más directa a la escuela, sin tener en cuenta el hecho de que esa no sea posiblemente la ruta más segura; es por ello que, en primera instancia

se seleccionará un número mínimo de cruces para rutas peatonales; de manera que todas las personas (niños) deberán confluir a un único punto cuando se trate de cruzar una vía peligrosa.

Los cruces escolares se ubicarán, siempre que sea posible y apropiado, al frente mismo de donde se ubican las escuelas; los conductores de vehículos serán prevenidos mediante el uso de señales, semáforos u otros dispositivos, si se estima necesario mediante los estudios de tránsito, y las restricciones de velocidad pertinentes. Se tiene que prestar especial atención si sobre la vía hay una alta proporción de vehículos pesados (buses, camiones) en la composición del tráfico. Las intersecciones con vías de único sentido de circulación son más seguras que con vías de doble sentido de circulación, lo que será un principio aplicable a zonas urbanas. En las carreteras de zonas rurales desde luego no será posible satisfacer esta condición que sería la ideal para reducir el riesgo de accidentalidad.

Los dispositivos para control de tráfico que se seleccionen, deberán considerar varios factores, tales como el volumen del tráfico y los patrones de flujo vehicular, peatonal y no motorizado del sector en general, los volúmenes peatonales, la edad promedio de los peatones (una zona universitaria plantea diferentes restricciones que las que harían falta en una escuela primaria, por ejemplo) las características de la vía (ancho de calzada, geometría específica, clasificación), la velocidad del tráfico que circula, los registros de accidentalidad, el tamaño de la población objetivo y las características de infraestructura, urbanismo y usos del suelo en las inmediaciones de la institución educativa (que es lo que define la extensión de la zona escolar)

En muchos manuales de consulta general se sugiere que las señales de zona escolar deberán ser reflectorizadas o iluminadas, por otro lado, en caso de una zona escolar que funcione solamente en períodos diurnos, como es el caso de muy buena parte de las instituciones educativas, bastaría con la visibilidad diurna de la señal dada por su adecuada ubicación, sin necesidad de contar con dispositivos adicionales de iluminación o reflectorización que encarecen el costo de la señal, reservando su aplicación a otro tipo de zonas escolares que presentan actividad nocturna, como es el caso de los institutos de educación secundaria y universitaria. Además se recomienda en el Manual de Dispositivos de Control para el Estado de New Hampshire⁶⁴ que la zona de velocidad reducida por la escuela inicie a 60 m de la primera cebsa, o a 100 m mínimo del límite de la propiedad de la institución, aquí empezará la señalización de la zona escolar; estos límites son más amplios que los indicados en el Código Nacional de Tránsito colombiano.

⁶⁴ Nombre del texto en su versión original: *Traffic Sign Handbook*, Elaborado por UNH Technology Transfer Center. (University of New Hampshire)

La señalización que se sugiere dentro de una zona escolar (ver Figura 123) será la siguiente:

- Señal preventiva SP-46 “Peatones en la vía”
- Señal preventiva SP-47 “Zona escolar”: Se utilizarán al inicio de la zona escolar propiamente dicha, y dentro de la zona escolar tantas veces como sea necesario para reiterar el mensaje. Adicional a ello, se podrá poner una señal de zona escolar 100 o 200 metros antes del inicio de la misma, con una placa complementaria de indicación de la distancia.
- Señal preventiva SP-48 “Zona deportiva”
- Señal reglamentaria SR-30, “Límite de velocidad”: Siempre acompañará a cualquier señal preventiva anteriormente mencionada, indicando 30 km/h como límite de velocidad, de acuerdo a lo que estipula el CNT al respecto. Limitar una velocidad de 10 km/h no es recomendable porque hace poco creíble la restricción. Se puede señalar con 20 km/h como velocidad máxima bajo la debida justificación. En todo caso, y donde se estime conveniente, se acompañará el uso de estas señales con otros dispositivos de control de tránsito o medidas de control que obliguen al usuario de la vía a cumplir con los límites de velocidad.
- Sobre la SR-30, como comentario adicional, habrá que especificar si los límites de velocidad regirán durante el período escolar establecido o serán permanentes de acuerdo a las características de la vía (ver Figura 122); se puede hacer uso de señalización variable del tipo mecánica o electrónica operada desde la escuela o institución misma, porque el único fin sería limitar la velocidad de circulación en los períodos deseados, y se recomienda el uso de un dispositivo de luz de fondo, y complementarla con luces destellantes en las situaciones más críticas o donde se quiera hacer un énfasis máximo. Ejemplos de mensajes adicionales a las señales de velocidad pueden ser:: “DE 7:30.a.m A 9:00 a.m”, “CON NIÑOS PRESENTES”, o “CON LUZ ENCENDIDA”, en el caso de utilizar un dispositivo de señalización variable.
- Señal SR-40 “Paradero”: Tendrán que tener una señal de texto complementaria con el mensaje “BUS ESCOLAR” en caso de que sean los únicos autorizados para dejar y recoger pasajeros sobre la vía. Si la zona de parada de los buses escolares o de otro tipo no es visible en una

distancia de 150 m, se recomienda instalar una placa con la advertencia “PARADA BUS XXX m”.

- Señal informativa SI-24 “Cruce peatonal”: Se instalará donde haya una cebra adecuada especialmente para el paso de los escolares. En el Manual de Dispositivos de Control del Tráfico del Estado de New Hampshire (USA) se recomienda el uso de una flecha diagonal hacia abajo para dar énfasis a esta señal, si la intersección se encuentra controlada con señales de “Pare”, no hará falta el uso de esta señal, pero se recomienda complementar la señal de “Pare” con una placa que indique “PRIORIDAD PEATONES”.
- Señal SR-28 “Prohibido estacionar”: Es necesario complementar esta señal con una placa adicional en la que indique los horarios en los que aplica la restricción (períodos en que no hay afluencia de escolares, por ejemplo), o indicando una limitación de tiempo para hacerlo (ejemplos de ello pueden ser: “DESPUÉS DE 5 MINUTOS” o “EXCEPTO RECOGER Y DEJAR PASAJEROS”). Se recurrirá a las prohibiciones de estacionar fundamentalmente para prevenir las obstrucciones de la vista que tienen los peatones de la vía y a su vez la vista de los usuarios de la vía hacia los peatones, así como para controlar a los vehículos como parte del plan de manejo de tráfico adoptado por la institución. Por otro lado, se tiene que implementar esta restricción a niveles razonables, ya que la parada y el estacionamiento de vehículos es algo inherente al funcionamiento de una cualquier escolar.
- Otra señal recomendada y que no se incluye dentro del Manual de Señalización Colombiano, es la señal de fin de Zona escolar o la de fin de la restricción de velocidad asociada al fin de la zona escolar; a este respecto se recomienda ampliamente la implementación de una señal con mensaje de texto que diga “FIN DE ZONA ESCOLAR”, para que con ello el conductor pueda retomar su circulación normal.

Figura 122. Señalización de velocidad máxima en zonas escolares



Fuente: Elaboración propia

Figura 123. Señalización recomendada para una zona escolar.

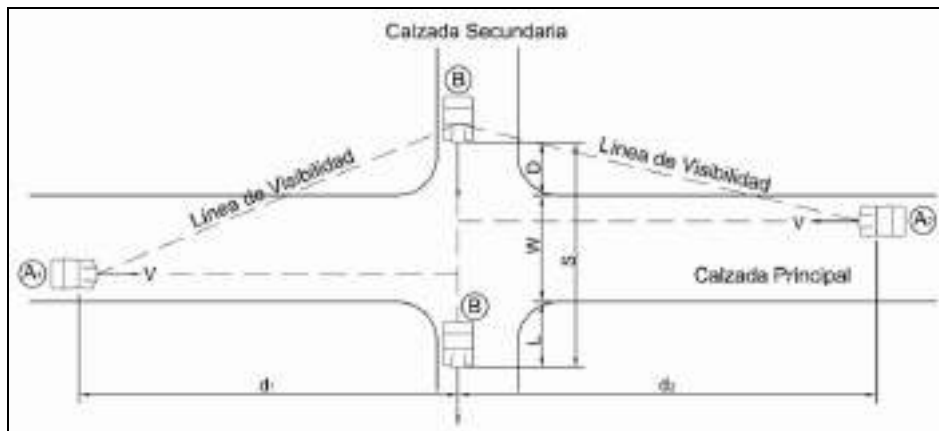


Fuente: Elaboración propia

7.3 INTERSECCIONES A NIVEL

Para hacer las intersecciones más seguras, hay que restringir el paso de los vehículos que se aproximan a ella. Todo conductor tiene que poseer una vista que no se halle obstruida por ningún tipo de objeto para así detenerse o disminuir su velocidad de marcha y evitar accidentes. La distancia de visibilidad mínima segura (ver Figura 124), se relaciona directamente con las velocidades a las que los vehículos se aproximan al cruce, al influenciar la distancia de percepción-reacción del usuario.

Figura 124. Distancia de visibilidad en intersecciones.

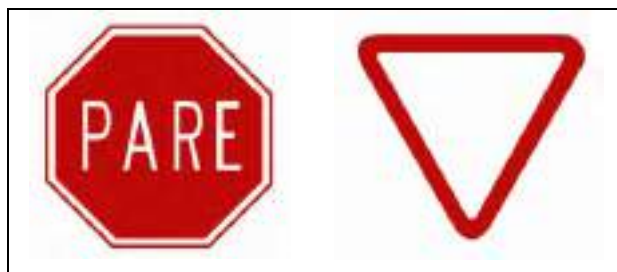


Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías. INVIAS, 2008.

En vías rurales o urbanas de muy bajos volúmenes, no hace falta la instalación de ningún tipo de señal y los conductores se guiarán por dos premisas básicas: 1) el vehículo que llega primero a la intersección tiene el derecho de vía, y 2) si dos vehículos llegan a la intersección de forma simultánea, el derecho de paso prioritario lo tendrá el conductor que se halle a la derecha.

En vías de mayores volúmenes, o donde la jerarquía de una de las vías es notablemente mayor respecto a la otra (lo que implica mayores volúmenes o velocidades), se regulará el acceso de los vehículos a la vía principal mediante señales de Pare y Ceda el paso (Figura 125); las distancias de visibilidad sobre la intersección y las velocidades de aproximación son decisivas para la instalación del tipo de señal.

Figura 125 Señales de PARE y CEDA EL PASO



Fuente: Imágenes extractadas del Manual de Señalización Vial

Se instalarán las señales de “Prevención de pare y ceda el paso” (Figura 126), cuando hay una visibilidad restringida de la señal, por obstrucciones permanentes como el alineamiento de la vía o el mobiliario urbano, y por obstrucciones de carácter intermitente como vehículos que estacionan con frecuencia o la vegetación. También puede utilizarse para dar un énfasis adicional a la señal respectiva en donde sea necesario hacerlo, aunque la visibilidad de la señal sea la adecuada; un ejemplo de ello puede ser una vía donde hay velocidades de aproximación por la vía secundaria que son muy elevadas.

Las señales de Prevención de pare y Ceda el paso, se ubicarán considerando para ambas, su ubicación a una distancia de antelación suficiente, tal que sea posible detenerse con comodidad en caso de ser necesario.

Figura 126 Señales de prevención de PARE y CEDA EL PASO



Fuente: Imágenes extractadas del Manual de Señalización Vial

7.3.1 Prohibición de giros

Las señales de prohibición de giros se ubicarán donde sean más fácilmente visibles para los usuarios que pudieran efectuar la maniobra que se piensa prohibir; en este orden de ideas, la señal de “Prohibición de un giro a la derecha” se ubicará en la esquina derecha de la intersección. Para instalar las señales de

prohibición de giros a la izquierda se podrá utilizar la esquina más alejada del costado izquierdo de la intersección, en un separador o junto con la señal de “Pare” o “Ceda el paso” en la esquina derecha más próxima, de tratarse de una vía secundaria. Si se utilizan las señales de “Siga De Frente” sobre la trayectoria de la vía principal, se podrían omitir las prohibiciones de giro (Figura 127).

Figura 127. Señales de regulación de movimientos en giros

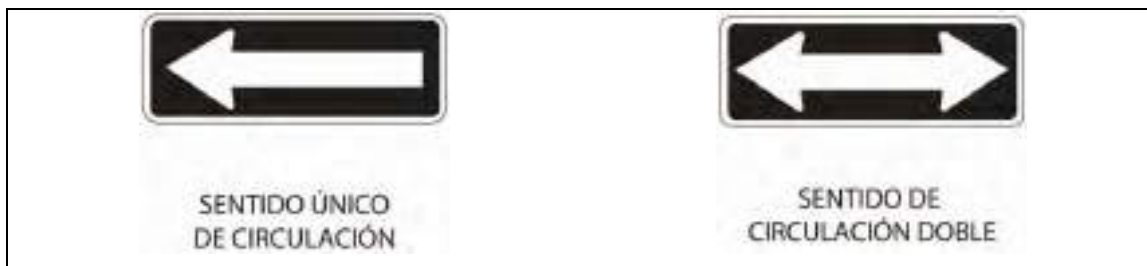


Fuente: Imágenes extractadas del Manual de Señalización Vial

Se ubicará la señal SR-04 No Pase directamente a la vista de cualquier usuario en donde aquel pudiera de forma errónea ingresar a una calzada de sentido único o una rampa de acceso; se ubicará esta señal siempre de cara al tráfico en contravía, y además se recomienda su ubicación en ambos costados para que tenga un énfasis importante, en particular donde el tráfico se aproxima de una vía que intersecta en ángulo recto o de frente a la trayectoria prohibida. Se utilizará a su vez la señal SR-04 “No pase” en todas las bocacalles donde el ingreso esté prohibido, como complemento y confirmación a los mensajes transmitidos con las señales en la Figura 127.

Las señales de reglamentación de sentidos de circulación (ver Figura 128) se ubicarán de forma paralela a vías de único sentido de circulación; en intersecciones no semaforizadas, las señales de “Sentido único” se deberán ubicar en la esquina derecha más próxima y en la esquina izquierda más alejada de la intersección, de frente al tráfico que accederá o cruzará la vía de sentido único. Si por razones de manejo del espacio no es posible hacerlo, se podrán instalar debajo de las señales de Pare o Ceda el paso; en intersecciones semaforizadas, adicionalmente sería aconsejable ubicar estas señales en el mástil del semáforo, desde que la información pueda resultar de utilidad y no se ejecuten maniobras prohibidas en la intersección.

Figura 128 Señales reglamentarias de sentidos de circulación



Fuente: Imágenes extractadas del Manual de Señalización Vial

En caso de vías de doble calzada que cuenten con un separador de más de 9 m de ancho (30 pies es la recomendación general⁶⁵), se instalarán señales de Sentido único en el acceso a cada una de las calzadas; en un separador más angosto se podrán omitir; donde el diseño de la intersección indique por sí mismo la dirección en cada una de las calzadas, se podrá omitir la señal.

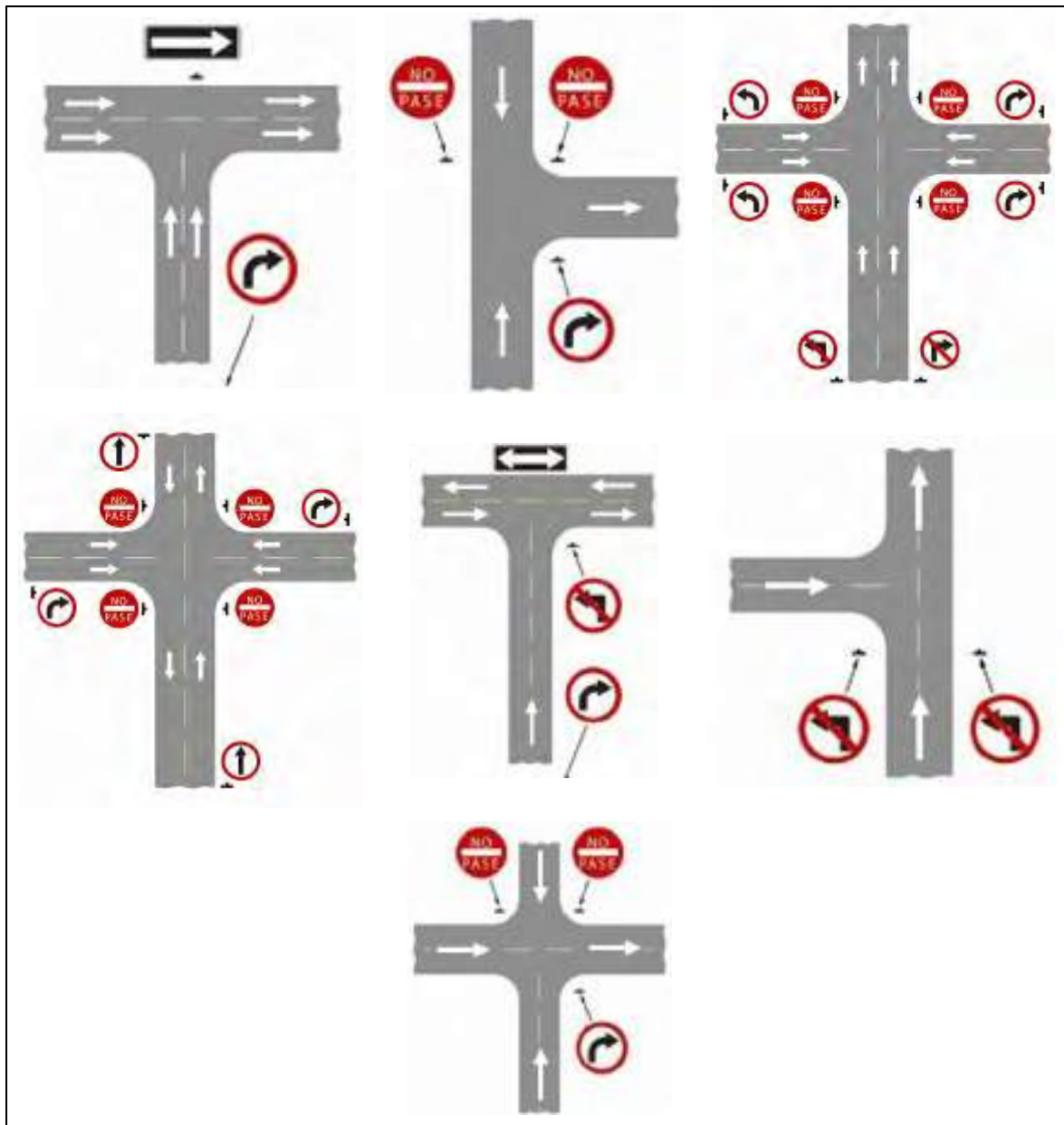
La señal de Sentido de circulación doble, se utilizará al finalizar una intersección en “T”, en ángulo recto con el tráfico que se aproxima, tiene que ser visible a una distancia tal que permita al conductor prepararse adecuadamente para la maniobra a ejecutar (ver Figura 129).

El manual británico recomienda para este fin, que en intersecciones en “T”, en donde la vía secundaria converge a una principal de sentido único, se hará uso de las señales SR-38 - Sentido único de circulación y SR-05 ó SR-07 - Giro a la izq/der solamente. En intersecciones en “T”, en donde la vía secundaria converge a una principal de sentido doble, y pese a ello uno de los giros se encuentra prohibido, se ubicará la señal SR-05 ó SR-07 a 50 m. de la intersección, seguida de una señal junto a la intersección indicando la prohibición.

En cruces donde se encuentre prohibido hacer giros en ambas direcciones, se pondrá la prohibición de los dos sentidos en un mismo poste o la señal de Siga de Frente, pero no las dos combinaciones al tiempo, de ser posible, se reiterarán las prohibiciones de giro a ambos costados de la calzada, para lograr mayor énfasis en el mensaje; todos estos casos mencionados se ejemplifican en la Figura 129.

⁶⁵ Traffic sign handbook, UNH Technology Transfer Center. Pag 52.

Figura 129. Ejemplo de manejo de intersecciones a nivel en vías.



Fuente: Elaboración propia

La Norma Española fija una serie de recomendaciones para la ubicación de señales de Pare o de Ceda el paso en la trayectoria secundaria en una intersección; se presentan en forma resumida en la Tabla 55. En la Tabla 56 se muestran algunas señales de sentido de circulación de sentido obligatorio a utilizar siempre en intersecciones en «T» o frente a salidas de propiedades o servicios colindantes con la carretera; se hace allí la comparación entre las señales que

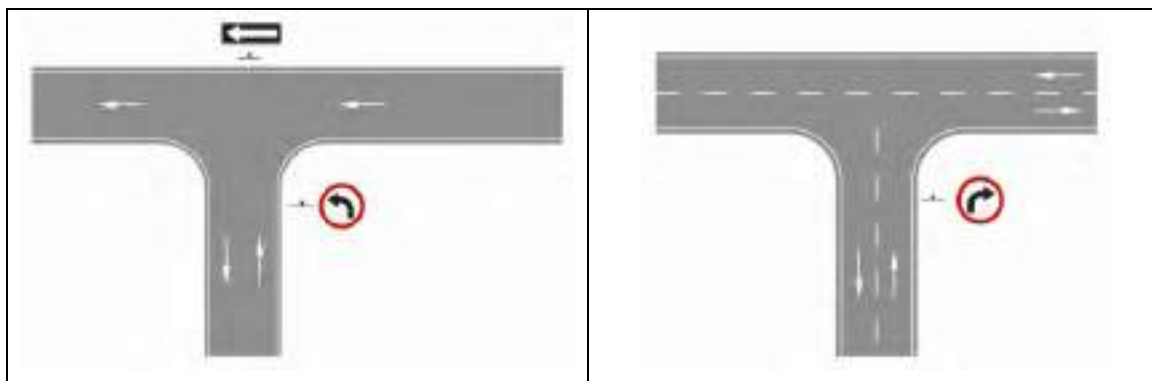
utiliza la Norma española y las equivalente a ella en la Norma colombiana. En la Figura 130 se muestran otros ejemplos para utilizar las señales de “Sentido obligatorio de giro”.

Tabla 55. Criterios para el uso de señales de Pare o Ceda el paso en intersecciones a nivel

	PARE	CEDA EL PASO
Uso de la señal	En cruces con otra trayectoria de igual o mayor importancia, bien por su Tránsito promedio diario (TPD) o porque establezca la continuidad de un itinerario. Donde no se instalen semáforos en el cruce con otra carretera en la que la mayoría de los cruces tengan tal ordenación. Donde la visibilidad de cruce sobre la trayectoria principal sea restringida.	Al principio de un carril de aceleración En la convergencia de una trayectoria, a través de un carril reservado para girar a la derecha. En la entrada a una glorieta, en la que tendrán prioridad los vehículos que circulen por la calzada anular. En intersecciones urbanas secundarias, con visibilidad de cruce suficiente, y velocidad de aproximación no superior a 50 km/h.
Instalación de la señal	Lo más cerca posible de la línea de PARE, y en ningún caso a más de 15 m de ella. Esta señal se complementará siempre con un preaviso a 150 m.	Se instalará lo más cerca posible de la línea de «ceda el paso». de la trayectoria secundaria en cruces, o del principio del carril de aceleración. Se utilizará también como preaviso antes de un cruce en el que la trayectoria a la que corresponda deje de ser prioritaria.

Fuente: Elaboración propia con base en información de la norma 8.1-IC de España

Figura 130 Indicación de giros mediante señales de “GIRO SOLAMENTE”



Fuente: Elaboración propia

Tabla 56. Indicación de movimientos de giro

Señal utilizada en Europa	Señal equivalente, Manual Colombiano	Utilización
 R-400 a Sentido obligatorio  R-400 b Sentido obligatorio	SR-38 SR-39   SENTIDO ÚNICO DE CIRCULACIÓN SENTIDO DE CIRCULACIÓN DOBLE	Normalmente en intersecciones en «T» o frente a salidas de propiedades o servicios colindantes con la carretera
 R-400 c Sentido obligatorio	SR-03  SIGA DE FRENTE	Antes de una intersección en la que se prohíba cambiar de dirección tanto hacia la izquierda como hacia la derecha. Al llegar a una convergencia, en vez de la señal giro prohibido (derecha).
 R-400 d Sentido obligatorio  R-400 e Sentido obligatorio	SR-03 SR-07   GIRO A LA IZQUIERDA SOLAMENTE GIRO A LA DERECHA SOLAMENTE	Señalan la dirección y sentido que los vehículos tienen la obligación de seguir, normalmente en intersecciones en «T», como complemento. Si a la vía a la que se accede tiene doble sentido de circulación pero está prohibido girar a la izquierda por motivos de seguridad vial.
 R-401 a Sentido obligatorio  R-401 b Sentido obligatorio	SR-45 SR-46   INDICACIÓN DE SEPARADOR TRÁNSITO A LA IZQUIERDA INDICACIÓN DE SEPARADOR TRÁNSITO A LA DERECHA	Indican el lado del separador en un inicio de este o de una isleta por el cual debe fluir el tráfico.
 R-403 b Únicas direcciones y sentidos permitidos  R-403 a Únicas direcciones y sentidos permitidos	Sin equivalente	Las marcas en el pavimento son de utilidad para señalar esos movimientos. Además de acuerdo con las disposiciones del Manual Colombiano, un giro se entiende como permitido a no ser que se indique su prohibición.

Fuente: Elaboración propia

7.4 DIVERGENCIAS, SALIDAS O BIFURCACIONES EN VÍAS RÁPIDAS

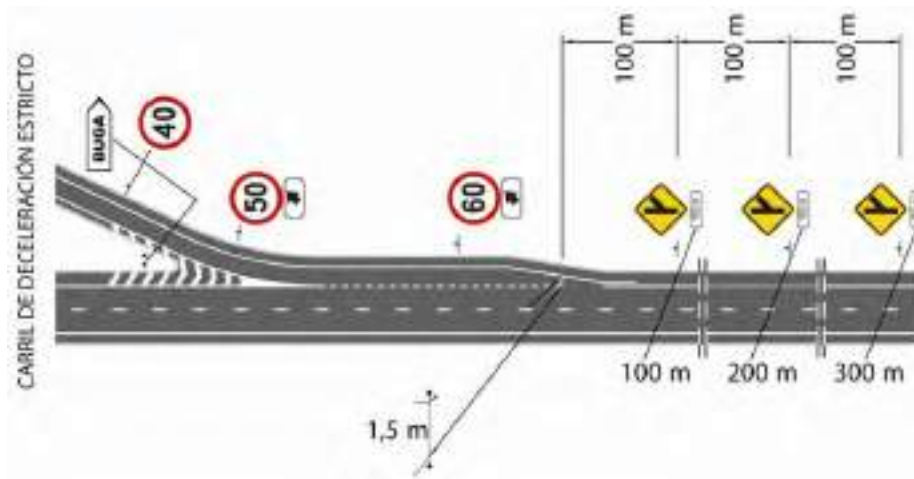
Para la señalización en salidas de vías rápidas (doble calzada), se utilizarán las señales elevadas de acuerdo a los criterios analizados en el numeral 5.17 del presente documento, señalizando el destino que se alcanzará si se desvía o si se sigue sobre la trayectoria principal de la vía.

La Norma 8.1-IC de España recomienda anunciar el inicio del carril de desaceleración a las distancias de 100, 200 y 300 m con anticipación al punto donde el carril alcance una anchura de 1,5 m. Para este fin, en Colombia se podría señalar mediante el uso de las señales SP-16 o SP-17 según corresponda, y acompañadas por una placa complementaria indicando las distancias (ver Figura 131 y Figura 132), esto prepara a los conductores para efectuar la maniobra de ubicación en el carril que utilizarán y complementa el esquema de preseñalización sobre la vía, si resulta complejo efectuar la advertencia a esas distancias por la ubicación de las señales, se podrá hacer una sola advertencia de bifurcación a 200 m. de la “nariz” de la salida, es decir el punto donde inicia la separación física entre la trayectoria principal y la trayectoria del desvío.

También se recomienda la ubicación de una señal informativa de decisión de destino “SI-05 A” en la “nariz” de la salida, se señalará un único destino, que será el mismo que se señaló en el esquema de preseñalización de la vía, este será el último y definitivo mensaje de salida que se le dará al usuario de la vía.

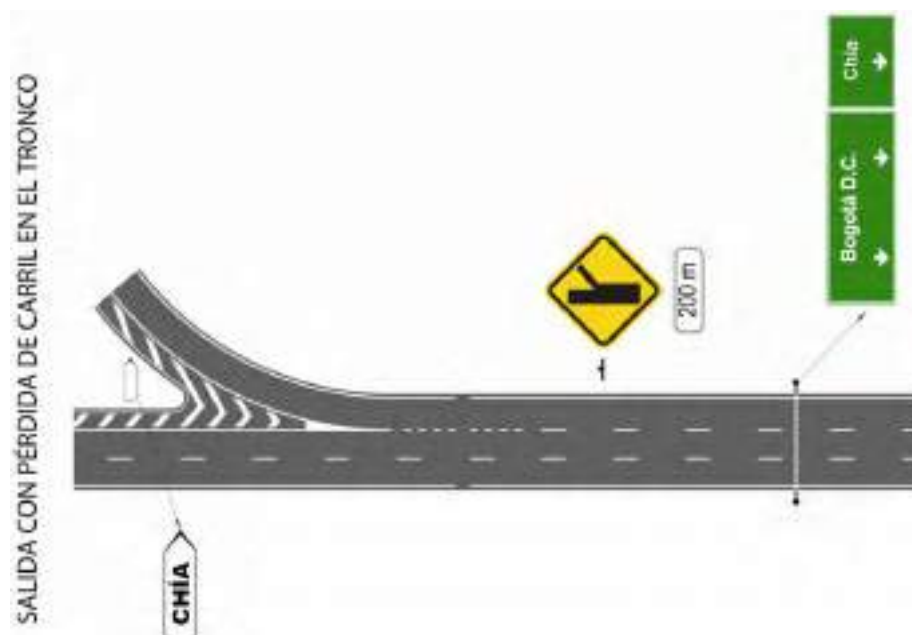
En bifurcaciones (Figura 133) donde ambas trayectorias tendrán la misma prioridad aparente, se utilizarán las señales SI-05 A para señalar un destino por cada rumbo que se puede tomar; así mismo, después de una bifurcación de cualquier tipo, se tiene que ubicar una señal confirmativa de destino SI-06 en todas las trayectorias.

Figura 131 Carriles de desaceleración en vías con doble calzada (Sentido único de circulación)



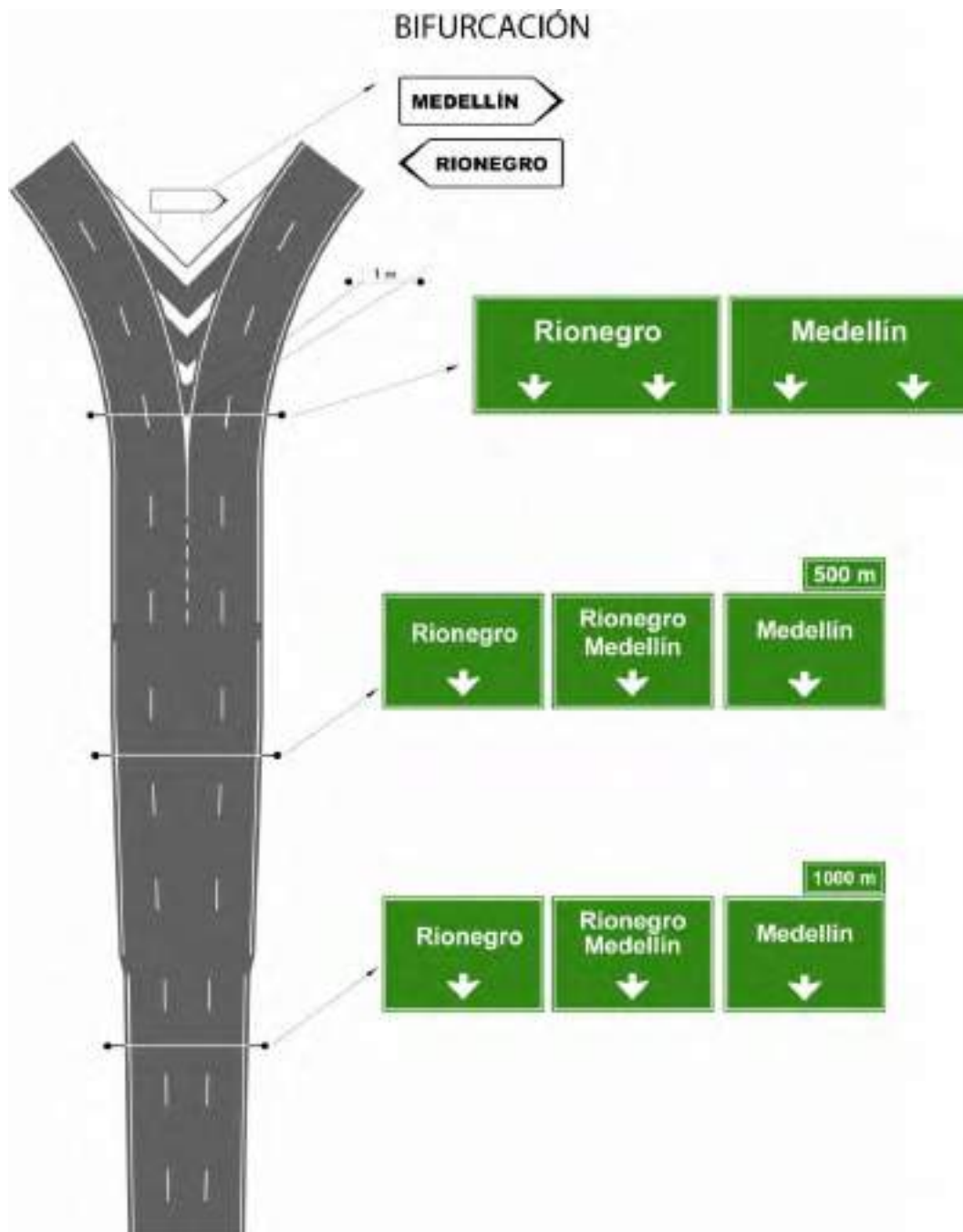
Fuente: Elaboración propia

Figura 132. Salida de autopista con pérdida de carril en el tronco



Fuente: Elaboración propia

Figura 133. Bifurcación en autopista

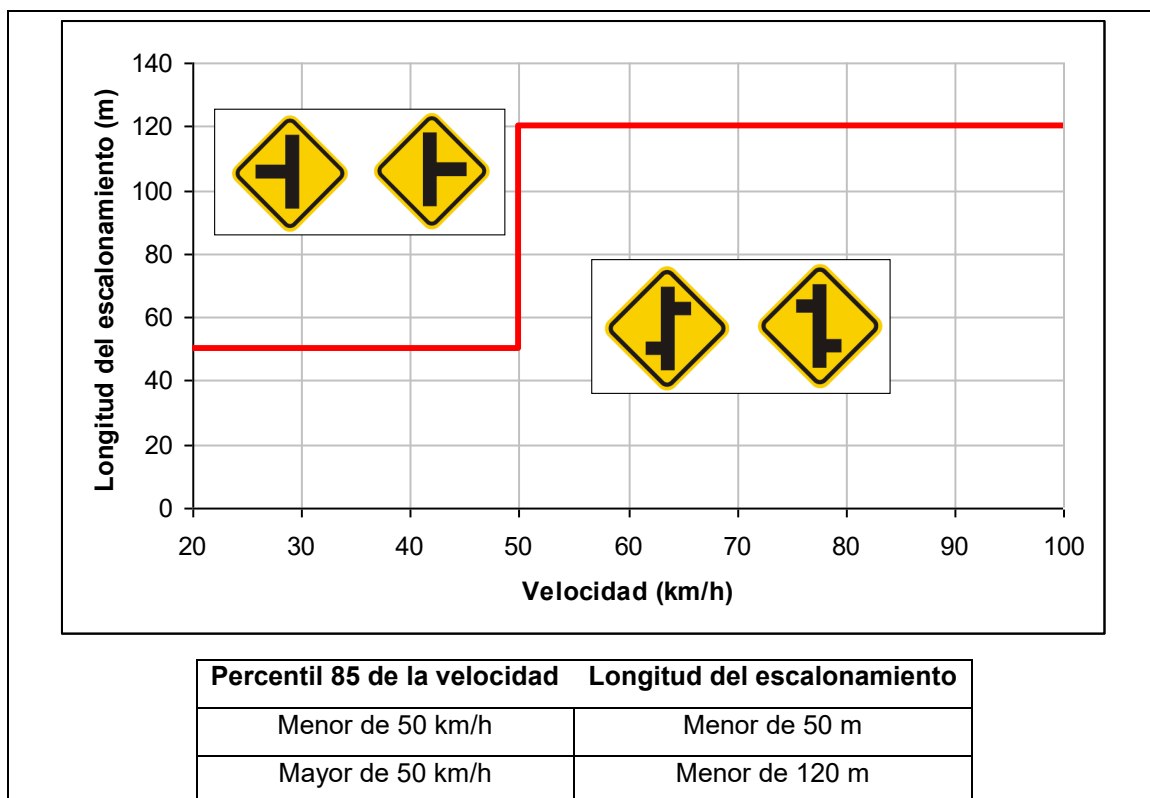


Fuente: Elaboración propia

7.4.1 Bifurcaciones escalonadas en vías convencionales

Para el uso de las señales SP-18 y SP-19 “Bifurcación escalonada”, el manual británico sugiere su utilización si el percentil 85 de la velocidad en la vía es de menos de 50 km/h y el escalonamiento es menor de 50 m.; o si la velocidad es mayor de 50 km/h y el escalonamiento es menor de 120 m. Si las distancias de escalonamiento son mayores que las indicadas para los intervalos de velocidad mostrados se pueden utilizar dos señales SP-12 y SP-13 “Vía lateral”(ver Figura 134).

Figura 134 Uso de señales en bifurcaciones escalonadas.



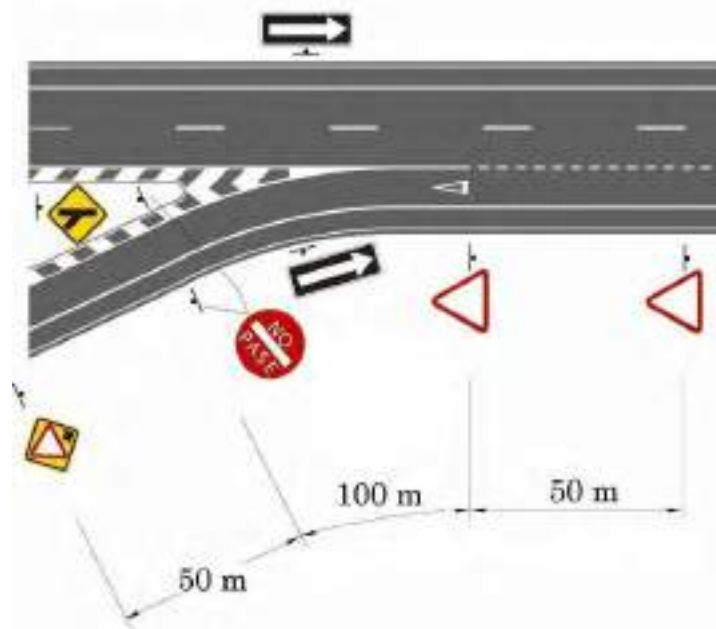
Fuente: Elaboración propia

7.5 CONVERGENCIAS, ENTRADAS, CONFLUENCIAS

En la entrada a una vía que dispone de carril de aceleración (Figura 135), se utilizará la señal SP-21 o SP-22 según corresponda sobre la trayectoria principal; sobre el ramal de vía convergente se ubicarán las señales de Ceda el paso en el punto donde las marcas del pavimento indiquen el fin de la separación de las dos trayectorias, la señal de Prevención de ceda el paso, con una distancia de anticipación de acuerdo a la velocidad de aproximación a la misma, aunque se recomienda utilizar 150 m de anticipación en la Norma Española. Adicionalmente a ello se ubicará la señal de No Pase en la trayectoria que confluye, sobre la “nariz” de la convergencia.

Después de finalizado el carril de aceleración, es importante ubicar una señal confirmativa de destino y una señal de límite de velocidad, para recordarlo a los usuarios de la vía y transmitirlo a los usuarios que ingresan a la nueva vía.

Figura 135 Entrada a autopista, con carril de aceleración



Fuente: Elaboración propia

7.6 CURVAS

Para determinar qué clase de señal debe ser instalada, o cuál signo se debería utilizar, se considera la velocidad de aproximación a la curva, la velocidad reglamentaria y la velocidad aconsejable para la curva; en la velocidad de aproximación se considera el percentil 85 de la velocidad a la que un vehículo circula en el momento inmediatamente anterior al inicio de la curva. La velocidad aconsejable es la máxima velocidad a la cual un vehículo puede transitar la curva de forma segura y cómoda.

En función de la velocidad de diseño o de circulación de la vía, según se estime más conveniente, se establece la distancia mínima de adelantamiento, es decir la distancia de visibilidad suficiente para que, en condiciones de seguridad, el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que circula por el mismo carril a una velocidad menor, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario y se haga visible al iniciarse la maniobra de adelantamiento.⁶⁶

En la Tabla 57 se muestran las distancias mínimas de visibilidad de adelantamiento que tienen que garantizarse y que recomienda el MUTCD; si la distancia de visibilidad es menor que la de adelantamiento para una velocidad indicada, se tiene que prohibir el adelantamiento sobre la vía, mediante las señales de “Prohibido adelantar” (Figura 136) acompañadas por la correspondiente marca de piso (la línea doble continua amarilla).

Figura 136 Señal SR-26 “Prohibido adelantar”



⁶⁶ Definición otorgada por el Manual de Diseño Geométrico de Vías colombiano.

Tabla 57. Distancias mínimas de visibilidad de adelantamiento según la velocidad en la vía

Velocidad de circulación o límite de velocidad (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento (m)	140	160	180	210	245	280	320	355	395

Fuente: *Manual on Uniform Traffic Control Devices*.

La señal de “Prohibido adelantar” se utilizará no solamente donde la distancia de visibilidad se encuentre restringida sino donde existan otras condiciones que hagan que no sea aconsejable efectuar maniobras de adelantamiento.

7.6.1 Velocidad sugerida en curvas

La Norma española menciona que, la seguridad de la circulación en curvas requiere no sobrepasar cierta velocidad, cuando la velocidad a la que puede circular en la curva difiere del límite de velocidad para un tramo determinado, se habla de una velocidad sugerida. La indicación de las velocidades sugeridas es una herramienta que hace que el conductor no tenga que frenar bruscamente y así perder el control del vehículo. En toda curva es importante disponer de forma adecuada de delineadores de curva, señales preventivas, limitación de velocidad o indicación de velocidad sugerida o una combinación de todos ellos, esta combinación de elementos ayuda a que el conductor tome sus propias decisiones.

Dicha Norma distingue así mismo entre la velocidad a la que una curva puede ser recorrida y la velocidad de aproximación a una curva, que es la velocidad que se puede alcanzar antes de una curva y corresponde a la velocidad de la entretangencia horizontal anterior a la curva. Dentro del contexto vial colombiano, una muy buena parte de las vías nacionales son vías de montaña en las cuales hay una diferencia muy grande entre la velocidad segura de recorrido de la curva y la velocidad de aproximación a la misma; luego se recomienda, de forma escalonada indicar la reducción de velocidad que es necesaria para pasar de un tramo recto a una curva. Para ello, se vale de la señal de velocidad sugerida de circulación, que se ubicará bajo las señales preventivas de curva.

En el borde de la curva, la Norma Española recomienda la ubicación vertical de varios delineadores de curva por posición en planta, de acuerdo a la diferencia entre velocidades observada, además fija el número de paneles que se colocan en una curva de acuerdo a la reducción de velocidad que se espera en la curva; a continuación se enumeran los criterios utilizados por la misma:

- Si la diferencia entre la velocidad de aproximación y la velocidad de la curva es menor a 30 km/h, se dispondrá de un delineador sencillo.
- Si la diferencia entre ambas velocidades se encuentra entre 30 y 45 km/h, se utilizará una doble colocación vertical de delineadores en el mismo poste.
- Si la diferencia entre ambas velocidades fuera mayor de 45 km/h, se utilizará una triple colocación de los delineadores.

En la Figura 137, se ejemplifican tres (3) casos para ilustrar lo anteriormente mencionado. Se supone una vía que tenga una velocidad de aproximación a la curva de 100 km/h, y tres curvas diferentes con 80 m/h, 60 km/h y 40 km/h como velocidades sugeridas y seguras para la curva respectivamente.

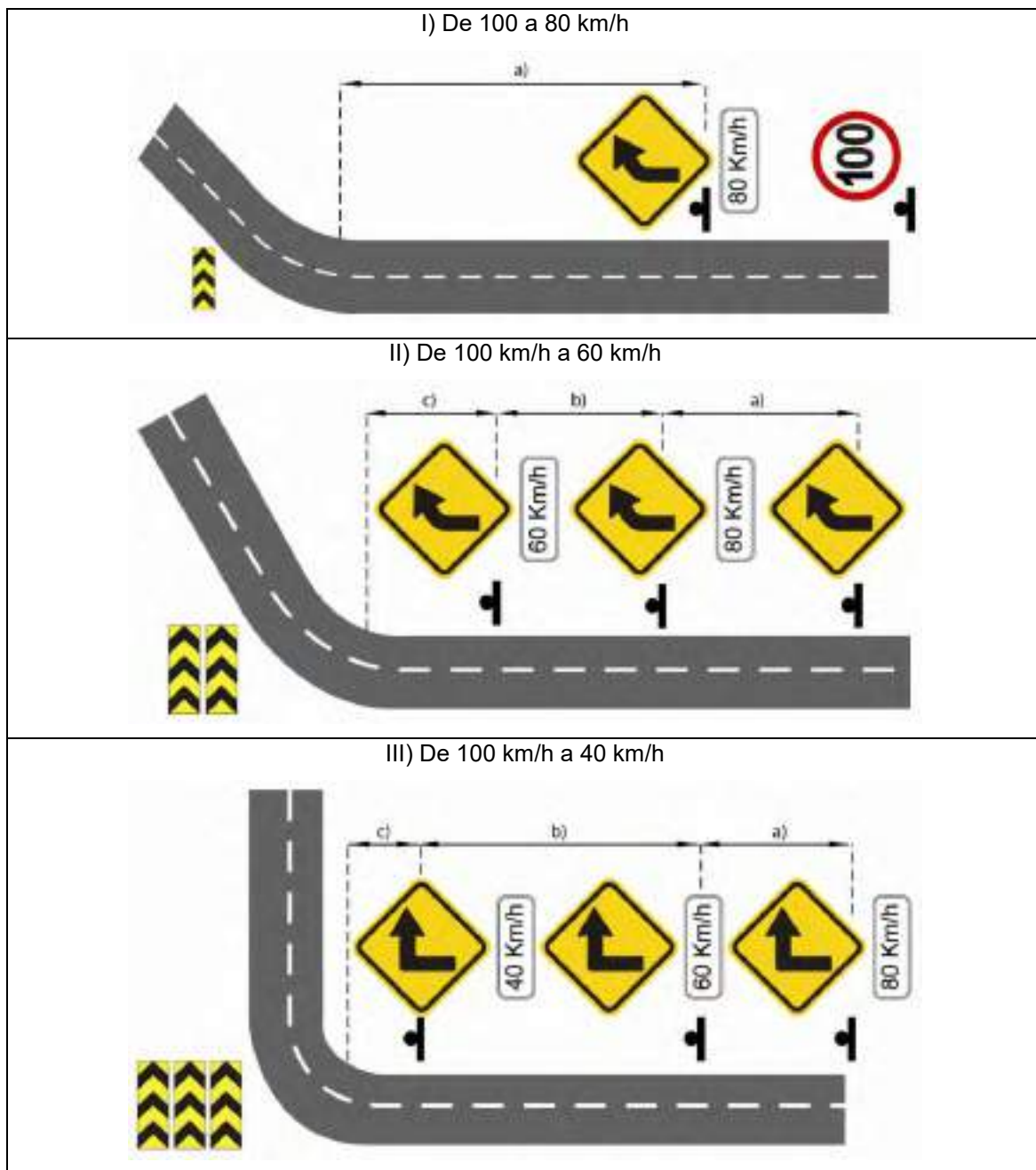
En el caso I), reducción de 100 a 80 km/h, basta con colocar una única fila de delineadores o un único delineador por posición en planta (de acuerdo a los criterios para su ubicación) y colocar una señal de Curva pronunciada con la velocidad sugerida para la curva de 80 km/h.

En el caso II), reducción de 100 km/h a 60 km/h, la reducción en la velocidad de recorrido hace que sea recomendable ubicar tres señales de Curva pronunciada con antelación a la curva; se ubicarán los delineadores de curva en una doble colocación vertical por posición en planta, y se indicará la reducción de la velocidad mediante placas de velocidad sugerida en las señales más próximas a la curva, con un escalonamiento de 20 km/h, es decir, se indicará la velocidad sugerida de 60 km/h en la señal más próxima a la curva y la velocidad sugerida de 80 km/h en la señal que le antecede.

En el caso III), la reducción aún más drástica de velocidad, de 100 km/h a 40 km/h implica que se instalen tres señales de Curva peligrosa, con velocidades sugeridas de 80 km/h en la más alejada de la curva, 60 km/h en la intermedia y 40 km/h en la más cercana a ella; para llamar aún más la atención del conductor sobre el grado de peligrosidad que pueda implicar una curva de este estilo, se ubicarán los delineadores de curva en una triple colocación vertical por posición en planta.

En la Figura 137 se muestra la disposición sugerida para la señalización en cada caso, como complemento a la información en la figura, en la Tabla 58 se citan las recomendaciones que da la Norma Española y a modo de ejemplo se recomiendan valores para las distancias entre las señales para cada caso.

Figura 137 Ejemplos de señalización previa a curvas



Fuente: Elaboración propia

Tabla 58. Recomendación de distancias para ubicar señales en curvas en las cuales se requiere reducir considerablemente la velocidad de marcha.

Distancia	Acción esperada por parte del usuario	Distancias (m)			Observaciones
		Norma Española		Recomendación guía señalización	
		Mínimo	Recomendado		
Paso de 100 a 80 km/h					
a	Advertir la presencia de una curva y reducir velocidad de 100 a 80	150	250	200	Se asigna un valor intermedio entre los recomendados por la norma española, aunque de acuerdo con la Tabla 25 un valor adecuado mínimo sería de 130 m.
Paso de 100 a 60 km/h					
a	Advertir la presencia de una curva	-	-	80	Se recomiendan valores de entre 170 y 350 m (ver Tabla 23). Así la señal quedaría ubicada a 300 m del inicio de la curva. Se podría complementar con una placa indicando la distancia a la curva
b	Reducir la velocidad de 100 a 80 km/h	50	105	130	Ver Tabla 25.
c	Reducir la velocidad de 80 a 60 km/h	50	> 90	90	Ver Tabla 25.
Paso de 100 a 60 km/h					
a	Advertir presencia de curva y reducir la velocidad de 100 a 80 km/h	-	-	130	Ver Tabla 25 del documento. De considerarse necesario, se podría poner una cuarta señal a una distancia de 400 m del inicio de la curva con una placa complementaria indicando la distancia.
b	Reducir la velocidad de 80 a 60 km/h	50	105	90	Ver Tabla 25 del documento.
c	Reducir la velocidad de 60 a 40 km/h	50	-	60	Ver Tabla 25 del documento.

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que la señal de delineador de curva mostrada en la Figura 137, no corresponde de forma exacta al que especifica el Manual de Señalización Vial

colombiano, que especifica el uso de una única cabeza de flecha por delineador; el uso combinado de ellos para formar la triple cabeza de flecha en orientación horizontal se debe a una adaptación hecha a los dispositivos que se utilizan en España (ver Figura 138) y que la Norma Española recomienda para tal fin. Sin embargo, se recomienda ampliamente el uso de este tipo de delineadores en curvas peligrosas, y la colocación de uno o varios de ellos en posición vertical por posición en planta, porque llaman la atención del usuario de la vía sobre el peligro que implica circular por una curva de radio reducido o que presenta otro tipo de condiciones peligrosas.

Otras alternativas para el uso de delineadores en curva, puede ser su uso combinado con la señal SP-40; en todo caso, y sea el arreglo de señalización que se instale, es importante recurrir a todo tipo de recursos visuales que llamen la atención del conductor en este tipo de situaciones, para la prevención de la accidentalidad en la vía, para lo cual se considera que la instalación de un único delineador de curva por posición en planta puede resultar insuficiente.

Sobre la ubicación en planta de los delineadores de curva, la Norma Española recomienda que se ubiquen los paneles direccionales a lo largo de la curva con una distancia entre ellos del orden del 20% del radio de la curva y en todo caso igual o superior a 10 m; y de forma tal que la visual del conductor aprecie como mínimo tres y sean aproximadamente perpendiculares a la misma y a una altura del borde inferior del panel, superior o igual a 1 m, medida desde el borde exterior de la calzada.

Además recomienda el uso de las señales de Curva y contracurva o de curvas sucesivas cuando la proximidad entre curvas no permita contar con una visibilidad adecuada de la señal o ubicar adecuadamente la misma ni permite que haya una distancia suficiente entre ésta y la curva; así mismo recomienda “el uso de paneles complementarios antes de sucesiones de curvas con longitud muy prolongada”, es decir colocar una placa de indicación de distancia (ver numeral 10.5 sobre INDICACIÓN DE DISTANCIAS Y LONGITUDES) antes de la señal SP-07 o SP-08 “Curvas sucesivas” para indicar la longitud por la cual se extiende un tramo de alineamiento sinuoso.

Figura 138 Uso de delineadores en curva en una carretera



Fuente: <http://www.cit.gva.es/> y Manual Canadiense

7.6.2 Señalización sobre adelantamiento

La norma española señala sobre el adelantamiento que la vía se dividirá en tres clases diferentes de tramos: Tramos donde el adelantamiento es permitido, tramos de preaviso (aquí no se podrá iniciar adelantamiento alguno, y será obligatorio para los vehículos que efectúan maniobras de adelantamiento suspender las maniobras y volver al carril correspondiente a su sentido de circulación) y los tramos de prohibición de adelantamiento, dentro de los cuales no se podrá invadir el carril contrario.

Señala además, que para efectuar el adelantamiento es una condición necesaria que la señalización lo permita, pero no suficiente, pues en determinados tramos en que se permite el adelantamiento pueden existir periodos de tiempo en que por el tráfico o las condiciones meteorológicas resulte peligroso o imposible efectuar la citada maniobra. La longitud mínima para la imposición de una línea amarilla continua se establece en 20 m y se deberá restringir al máximo el uso y la longitud de este tipo de marca continua, para favorecer la flexibilidad de la circulación y garantizar el respeto a la misma; se prohibirá el adelantamiento siempre que no se disponga de la visibilidad necesaria para efectuarlo a la velocidad de circulación reglamentaria.

La imposición de la marca continua que impide adelantar se llevará a cabo si se cumplen unas distancias de visibilidad de adelantamiento mínimas. En la Tabla 59 y en la Figura 139 se observa la comparación entre las distancias de visibilidad de adelantamiento que figuran en varios manuales del mundo.

Tabla 59. Comparación de distancias de visibilidad de adelantamiento en varios manuales.

Velocidad de circulación o límite de velocidad (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
MUTCD			140	160	180	210	245	280	320	355	395
Norma 8.2-IC (España), A			50	75	100	130	165	205	250		
Norma 8.2-IC (España), B			145	180	225	265	310	355	395		
MDGV, Colombia⁶⁷	130	200	270	345	410	485	540	615	670	730	775
MSV, Colombia⁶⁸			140	150	170	210	240		324		400

Fuente: Elaboración propia

Sobre la Tabla 59, vale la pena mencionar que cuando la distancia de visibilidad de adelantamiento en un tramo determinado de vía sea menor que la indicada para cada país, se utilizará sobre la vía la marca continua de prohibición de adelantamiento. En el caso de España, al disponer de una distancia de visibilidad de adelantamiento inferior a la distancia A se iniciará la prohibición de adelantar, mientras que al disponer de nuevo de una distancia de visibilidad de adelantamiento suficiente (mayor que la distancia A en vías existentes y mayor que la distancia B en vías de nuevo trazado) se puede pasar a la marca amarilla discontinua que permite adelantar. Para observar con mayor detalle la forma de determinar estas distancias, se puede consultar el anexo A del documento.

Al comparar la información, se observa cómo los criterios que maneja la norma española y el MUTCD son algo parecidos entre sí, donde el criterio que maneja el MUTCD es un valor intermedio entre los valores que da la norma española para vías de existentes y de nuevo trazado, mientras que las distancias que establece el Manual de Señalización Vial colombiano, son altamente restrictivas en comparación con las anteriores (ver Figura 139).

Por otra parte, el MSV colombiano adopta criterios de distancias de visibilidad de adelantamiento bastante similares a los que maneja el MUTCD, notándose una gran diferencia entre lo que plantean ambos manuales.

Al respecto, la Universidad del Cauca en su “Método para establecer límites de velocidad en carreteras colombianas”⁶⁹ plantea las siguientes recomendaciones respecto a las modificaciones que podrían hacerse en los manuales de señalización:

⁶⁷ Valores obtenidos de la tabla 2.9 del Manual de Diseño Geométrico de Vías, 2008.

⁶⁸ Valores obtenido de la tabla 3.1 del Manual de Señalización Vial, 2004.

⁶⁹ Aprobado mediante Resolución 1384 del 20 de abril de 2010.

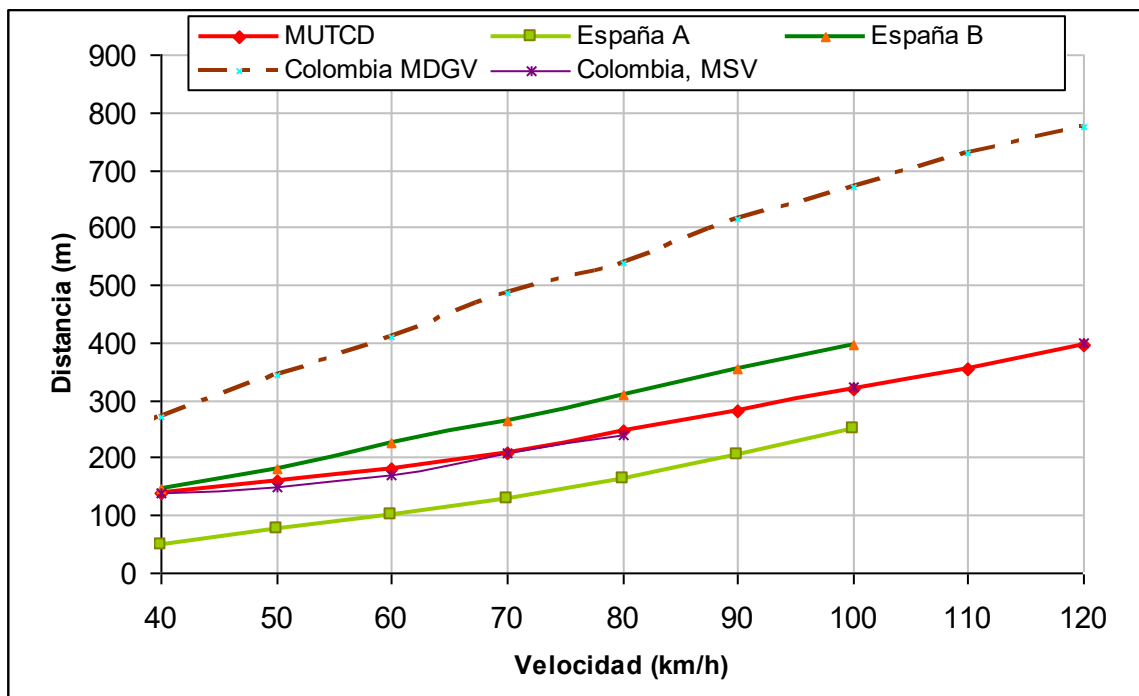
“ - Al haber diferencias entre las distancias recomendadas para la restricción de zonas de adelantamiento entre el Nuevo Manual de Diseño Geométrico y el Manual de Señalización y Demarcación se deben adoptar las distancias que con seguridad faciliten en mayor longitud el sobrepaso de vehículos a las velocidades permitidas.

- La línea continua amarilla de demarcación no debe ser señal restrictiva sino informativa, en razón a que las distancias para el paso restringido están en función del caso más crítico, camión pasando a camión y a baja velocidad. Esto es lo que genera que la demarcación de prohibido adelantar se encuentre cuando en línea recta no sean visible mínimo 400 m. hacia adelante. Para vehículos pequeños que transitan a mayor velocidad las distancias son menores, por lo cual los conductores valoran fácilmente la oportunidad de paso y se atreven a traspasar la línea continua.

- En donde haya distancias de visibilidad de adelantamiento en vías muticarriles con flujo en ambos sentidos, la demarcación con línea amarilla debe ser discontinua para permitir el adelantamiento con el uso de los carriles de sentido contrario.

- La prohibición de adelantamiento en curva debe ser reconsiderada en razón a que (...) entender la prohibición de adelantamiento en curva en el sentido estricto de la definición de curva, impide que se consideren los tramos de transición y las curvas de radio amplio como zonas de adelantamiento permitido. En curvas el adelantamiento debe prohibirse cuando no haya las distancias de visibilidad recomendadas en el manual de señalización. “

Figura 139. Comparación de distancias de visibilidad de adelantamiento en varios manuales.



Fuente: Elaboración propia

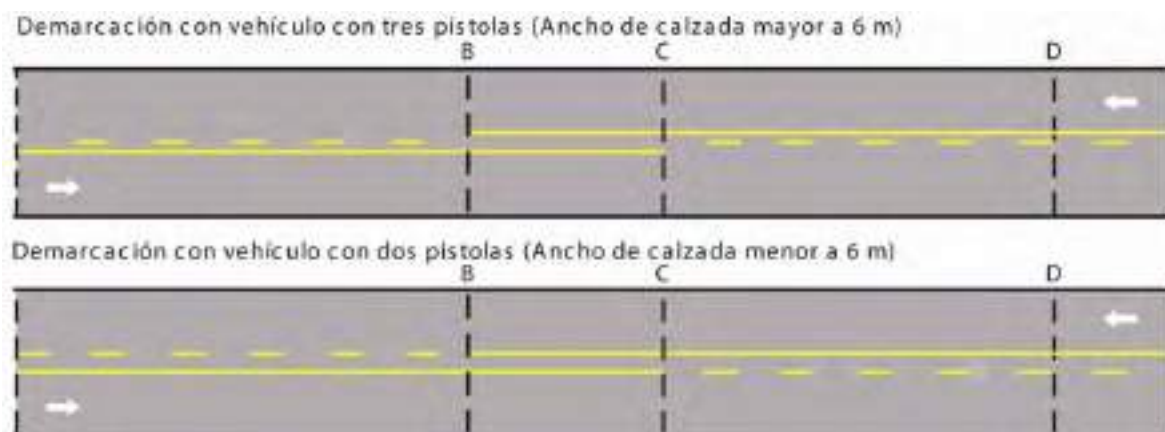
El MSV colombiano establece además las diferentes formas de señalizar con marcas sobre el pavimento para demarcar zonas de prohibición de adelantamiento, que se describen en la Tabla 60 y en la Figura 140.

Tabla 60. Demarcación de líneas centrales de “prohibido adelantar” en carreteras

Ancho de calzada	Demarcación
Mayor a 6 m	Líneas continuas de 12 cm de ancho, con separación mínima de 28 cm entre ellas (utilizando equipos de 3 pistolas)
Entre 5,60 y 6 m	Líneas separadas 8 cm entre ellas (utilizando equipos de 2 pistolas)
Menor a 5,60 m	Única línea continua

Fuente: Elaboración propia, con base en información del Manual de Señalización Vial Colombiano.

Figura 140. Demarcación de zonas de adelantamiento prohibido



Fuente: Manual de Señalización Vial, Colombia.

El MSV colombiano hace recomendaciones sobre la longitud mínima que ha de tener una zona de prohibición de adelantamiento, que se muestran en la Tabla 61. Por su parte, la Norma española de señalización horizontal 8.2-IC también hace recomendaciones sobre la distancia mínima que debe tener un tramo donde sean permitidas las maniobras de adelantamiento. Si la longitud de un tramo donde se permite el adelantamiento resulta menor que las distancias indicadas en la Tabla 62, entonces no se permitirá el adelantamiento en el tramo por ser demasiado corto y se impondrá la marca continua longitudinal.

Tabla 61. Longitud mínima de zonas de prohibición de adelantamiento de acuerdo a la velocidad sobre la vía.

Límite de velocidad (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Longitud mínima (m) ⁷⁰	35	40	45	55	60	(70)	80	(90)	100

Fuente: Adaptación del Manual de Señalización Vial, Colombia

Tabla 62. Longitud mínima de zonas de adelantamiento permitido de acuerdo a la velocidad sobre la vía.

Límite de velocidad (km/h)	40	50	60	70	80	90	100
Longitud mínima (m)	160	200	245	290	340	385	435

Fuente: Norma 8.2-IC de España.

Otro concepto que se señala en la Norma de Señalización Horizontal es la “zona de preaviso”; establece que se dispondrá de una zona de preaviso antes del inicio de una zona de prohibición de adelantamiento (Tabla 63) para que todo vehículo que se encuentre efectuando una maniobra de adelantamiento la finalice a la brevedad posible; se señala con flechas en el pavimento que se muestran en la Figura 195.

Tabla 63. Longitudes a considerar para zona de preaviso de acuerdo a la velocidad sobre la vía.

Velocidad de circulación o límite de velocidad (km/h)	40	50	60	70	80	90	100
Distancia de visibilidad necesaria	185	230	270	310	350	390	435
Longitud mínima de zona de preaviso	95	115	135	155	175	190	215

Fuente: Elaboración propia con base en información de la Norma 8.2-IC de España

Para la implementación de las zonas de preaviso, se hace uso de la sugerencia de que la doble línea amarilla sea de carácter informativo. En donde exista la línea

⁷⁰ Valores entre paréntesis () no figuran en el Manual, se calculan por interpolación.

amarilla sin una señal vertical SR-26, podrá esto ser entendido como una zona donde NO es aconsejable iniciar maniobras de adelantamiento o se requiere finalizar lo más pronto posible una maniobra de adelantamiento que se esté efectuando.

En donde exista la doble línea amarilla y a partir del punto donde exista la señal SR-26, se entenderá que es estrictamente prohibido efectuar maniobras de adelantamiento, con riesgo de las sanciones a las que haya lugar.

Por otra parte, cabe resaltar que en el manual colombiano no existen señales que sirvan para indicar el fin de una zona donde sea prohibido adelantar, por lo que la única forma de saberlo para un usuario de la vía es mediante la forma de la línea central (si es continua o discontinua).

7.7 INICIO Y FINALIZACIÓN DE CARRETERAS Y VÍAS DE DOBLE CALZADA

Un caso muy común que se puede presentar en las vías nacionales es la transición de una carretera de única calzada a una vía de doble calzada; para ello hay que señalizar las dos situaciones que surgen a raíz de ello: la ampliación de la vía y del número de carriles de circulación para los vehículos que circulan un sentido, y la reducción de la sección transversal de la vía y del número de carriles para los usuarios que circulan en el sentido contrario (ver Figura 141).

En el caso de circular en el sentido en el que inicia una vía de doble calzada, se formulan las siguientes recomendaciones con base en las que la Norma Española considera para este tipo de situaciones:

- Advertir el inicio de la autopista con una señal informativa a 500 m del inicio de la misma. Para ello se puede utilizar una señal preventiva SP-32, SP-34 o SP-35 “Ensanche De calzada” según corresponda a la geometría de la transición. Se complementará con una placa que tenga el mensaje “DOBLE CALZADA A 500 m”.
- Señalizar la “nariz” o el inicio del separador con las señales SR-46 “Indicación de separador” y SR-04 “No pase” al inicio de la calzada por la que no se puede circular.
- A 100 m del inicio del separador se señalizará la velocidad máxima permitida, con las señales SR-30 en ambos costados de la calzada. A continuación de ellas, y sin interferir con otras señales se instalará una señal SI-06 “Confirmativa de destino”, con los destinos de mayor relevancia y sus distancias de ubicación al punto.
- Al inicio de toda carretera o autopista es ampliamente recomendable ubicar una señal SI-01, con el respectivo número que identifique la carretera o autopista.

Para el caso contrario, es decir cuando se circula por una doble calzada y se pasa a una carretera de calzada única, la norma española para este tipo de situaciones recomienda señalizar la reducción con una señal como la que se muestra en la Figura 177, ya que hay que avisar al tráfico con bastante antelación de la reducción de carriles, para que vaya reduciendo su velocidad y adaptándose a la circulación en un solo carril, es por esto que la recomendación es señalizar en ambos costados de la vía; de haberla, se recomienda 500 m. antes de que la señalización horizontal indique la reducción de un carril específico. Además se

señalizará el límite de velocidad para la nueva vía, antes y después de la transición de calzada única a calzada sencilla.

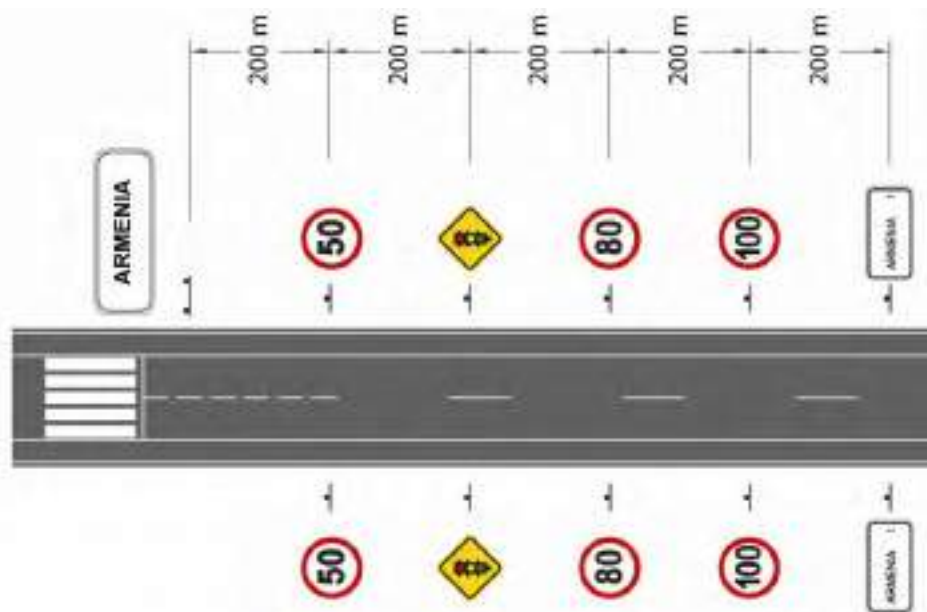
En el caso de una autopista que finaliza para dar paso a una vía en zona urbana (ver Figura 142), en primer lugar es necesario informar que la autopista finaliza, lo cual se puede hacer mediante una señal informativa de destino ubicada a un kilómetro del límite del área urbana. En ese kilómetro se hará una reducción escalonada y gradual de la velocidad máxima permitida en autopista hasta la velocidad máxima permitida en esa vía urbana, que se espera que sea menor que la primera; de ser iguales, de todas formas se confirmará la velocidad máxima permitida mediante la instalación de señales SR-30 “Velocidad máxima” cada 200 m. en promedio; de finalizar la vía en un cruce semafórico, o una intersección a nivel, se señalará la debida condición (recomendado 400 m) mediante las señales SP-23 “Semáforo”, SP-29 “Prevención de pare” o SP-33 “Prevención de ceda el paso, según corresponda”.

Figura 141 Transición de autopista a carretera de una calzada



Fuente: Elaboración propia, con base en recomendaciones de la Norma 8.1-IC de España.

Figura 142 Transición de autopista a vía urbana



Fuente: Elaboración propia, con base en recomendaciones de la Norma 8.1-IC de España.

7.8 PASOS A NIVEL

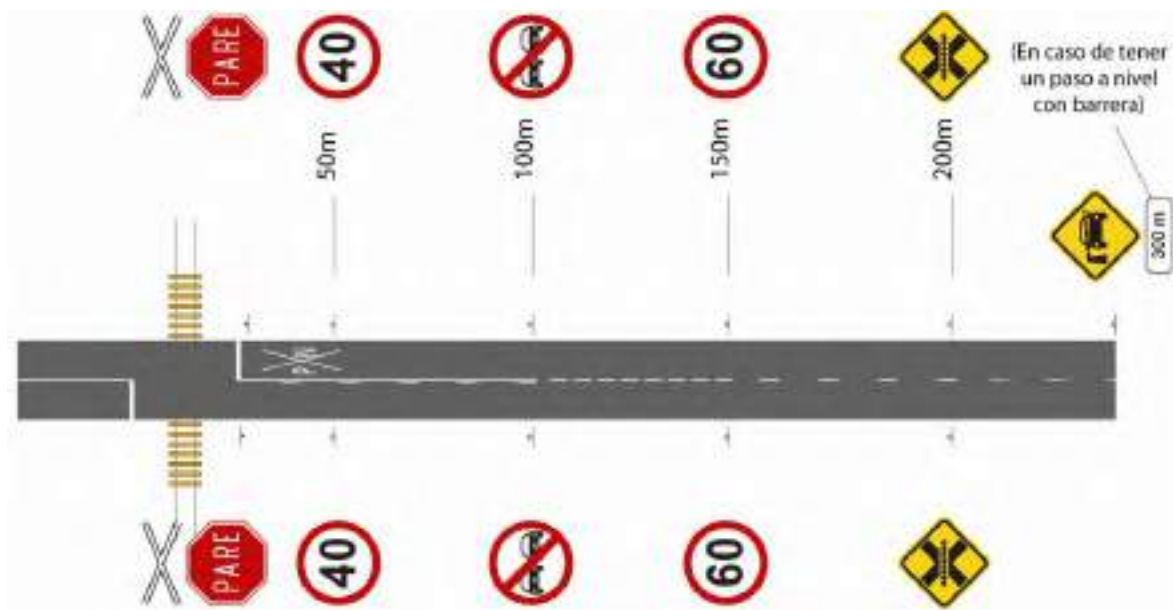
Un paso a nivel, es en esencia un cruce entre una línea ferroviaria y una carretera o un camino a la misma cota de nivel, permitiéndose en dicho espacio el tránsito de vehículos y de personas sobre la vía férrea. Esta misma definición implica que es la línea férrea la que tendrá la prioridad, y hay que transmitir el mensaje al usuario de la vía, que él no posee la prioridad en un cruce ferroviario; los cruces a nivel además se dividen en dos tipos básicos: protegidos (los que cuentan con una barrera) y no protegidos (los que no cuentan con ningún dispositivo que pueda restringir la circulación de los vehículos durante el paso de un tren por la línea ferroviaria).

Se utilizará en primer lugar la señal vertical SP-52 Cruce a nivel con el ferrocarril; la norma española recomienda su ubicación a unos 200 m del paso a nivel, mientras que el Decreto. N° 779/95 de Argentina recomienda la ubicación de la misma a 100 y 300 m del cruce respectivamente. Además, tal y como lo indica el Manual de Señalización Vial colombiano, la señal deberá complementarse con las señales reglamentarias SR-01 Pare y SR-30, Velocidad máxima, con la señal preventiva SP-54 Paso a nivel y con semáforos, barreras manuales o electromecánicas y marcas sobre el pavimento; en la Figura 143 se observa la disposición que pueden tener estas señales. Las medidas importantes a considerar para la señalización de pasos a nivel son las siguientes:

- Se puede llevar a cabo una separación física del tránsito instalando boyas sobre la línea central (en una vía de una sola calzada y doble sentido de circulación) en una distancia mínima de 50 m. antes de la intersección (75 m. recomendado), con el fin de canalizar el tránsito, impedir maniobras de adelantamiento y ayudar a controlar la velocidad del tránsito por los efectos de la canalización; de haber bocacalles en el tramo de separación, se podría interrumpir la separación en la longitud que resultara necesaria.
- Se instalarán las señales SR-26 “Prohibido adelantar” a ambos costados de la calzada, con una antelación de 100 m. antes de la línea de pare recomendada por la norma española. Si se recurre a la instalación de boyas para separar los sentidos de circulación, entonces se ubicará la señal a 300 m. de la línea de pare.
- La línea de pare se ubicará como mínimo a 6 m del riel más próximo.⁷¹
- Se colocará la demarcación de aproximación a pasos a nivel (numeral 3.2.10 del MSV colombiano) a no menos de 120 m. del cruce.
- La señal preventiva SP-54 se instalará antes de la barrera, en el caso de pasos a nivel protegidos, de tratarse de un paso a nivel protegido, se utilizará además la señal vertical SP-53 “Barrera”, a una distancia de 300 m. del paso a nivel.
- La limitación de velocidad deberá llevarse a cabo de forma escalonada previamente a la ubicación del paso; el decreto argentino anteriormente mencionado recomienda la instalación de una señal de 30 Km/h a 60 m. del cruce, 40 Km/h a 120 m y de 60 Km/h a 300 m. del mismo, antes de la línea de pare, en todo caso, la reducción de velocidad deberá hacerse de forma tal que la reducción de velocidad entre la última señal y la línea de pare no se lleve a cabo de forma abrupta.
- De resultar necesario, se complementará la señalización previa con la instalación de la señal SR-28 “Prohibido parquear”.

⁷¹ Recomendación tomada de *Ferrocarril Deseado*, Argentina.

Figura 143 Señalización pasos a nivel



Fuente: Elaboración propia, con base en recomendaciones de la Norma 8.1-IC de España.

7.9 TÚNELES

La circulación en túneles requiere de unas medidas especiales de seguridad a tener en cuenta, algunas de las cuales no serían necesarias para un trazado de vía normal. Otras restricciones, aunque sean lógicas tienen que ser recordadas por el usuario de manera constante; en la Tabla 64 se detallan todas las prohibiciones que podrían y reglamentaciones a tener en cuenta para la circulación en túneles.

Tabla 64. Recomendaciones de seguridad en túneles y señalización vertical a utilizar

Recomendación	Señal vertical a utilizar
Circulación con luces moderadas	
Mantener distancia de seguridad	
Respetar los límites de velocidad	
No cambiar de sentido de circulación	
No detenerse, salvo emergencias	

Recomendación	Señal vertical a utilizar
No pitar	
No se autorizará el paso de: • Peatones • Bicicletas • Vehículos de tracción animal • Vehículos por debajo de un límite de cilindraje determinado • Vehículos cuya velocidad máxima de circulación esté por debajo de un límite mínimo de velocidad • Vehículos cuyo peso se encuentra por encima de un límite mínimo, o que excedan las restricciones de ancho o gálibo permitidos.	
Adelantar está prohibido	
Encender la radio en la frecuencia indicada (en caso de túneles largos)	No hay señal en el MSV Colombiano
Indicación de teléfono (emergencia)	

Fuente: Elaboración propia

Adicional a lo anterior, la señalización variable en los portales de acceso y al interior de los túneles informa a los usuarios sobre el estado del tráfico, la

velocidad máxima controlada por radar y cualquier incidencia que pudiera producirse.⁷²

La priorización en cuanto a las restricciones a imponer se verá fuertemente influenciada por la composición del tráfico en la vía, por el tipo de vía y por las características físicas del túnel, como su sección y longitud. Hay que tener en cuenta que ubicar reglamentaciones de forma densa puede resultar contraproducente porque se satura al usuario de la vía con mensajes, lo que desfavorece la seguridad de la vía.

En la zona de advertencia previa a la entrada de un túnel, el uso de la siguiente señalización horizontal será obligatorio:

- Señal preventiva SP-37 “Túnel” para advertir al usuario sobre la presencia del túnel. Se puede complementar con una placa adicional indicando la distancia a la cual se encuentra el túnel, de ser necesario.

Figura 144. Uso de señal preventiva SP-37



Fuente: Elaboración propia

- Placa que indique el nombre del túnel y su longitud, sobre todo para túneles que superen 1 Km. de longitud.
- Señal SR-26 “No adelantar”.

⁷² Guía de los sistemas de seguridad de los túneles de Calle 30. Área de Gobierno de Urbanismo, Vivienda e Infraestructuras. Madrid, España.

- De ser necesario, señales que prohíban la entrada a vehículos que transporten mercancías peligrosas, o que no cumplan determinadas especificaciones.⁷³

No será obligatorio pero sí recomendable según las condiciones de la vía, utilizar en la zona de advertencia las demás señales reglamentarias de la Tabla 64, según el tipo de usuarios predominantes en la vía y el comportamiento en vía de los mismos. Dentro del túnel el uso de la señal SR-30, “Límite de velocidad” y la señal SR-26 “No adelantar” será obligatorio, se ratificarán cada 500 m en caso de túneles de más de 1 Km. de longitud.

Dentro del túnel se señalizará además la presencia de teléfonos de emergencia con la señal SI-19, y la presencia de bahías de estacionamiento de emergencia, de existir. A la salida del túnel, se tendrá que informar al usuario de forma inmediata el límite de velocidad, sea éste diferente o igual al reglamentado para el túnel.

Otra señalización de fundamental importancia dentro de un túnel no perteneciente a las señales de tránsito es la indicación de la ubicación de extintores, salidas e instalaciones de emergencia en general, se ubicarán sobre las paredes del túnel y tendrán un tamaño tal, que no deberán ser muy perceptibles para un usuario que circule en el túnel a una velocidad normal, tan sólo cuando éste se va obligado a detenerse dentro del túnel debido a una circunstancia adversa.

Un último aspecto fundamental a tener en cuenta, es que toda señal y dispositivo de control y regulación del tránsito que se instale dentro del túnel y sus inmediaciones deberá poseer las máximas especificaciones en materia de reflectividad y retroreflexión que se especifiquen en el MSV o normas afines, con el fin de garantizar su óptima visibilidad bajo cualquier circunstancia, de día o de noche o en condiciones de oscuridad debidas a eventuales fallos en el sistema eléctrico del túnel.

⁷³ Es una recomendación frecuente en los túneles de Europa restringir el tránsito de vehículos que transportan sustancias peligrosas; en la señalización vertical utilizada en la mayoría de estos países europeos existe una señal reglamentaria para tal efecto, lo que no existe en el MSV. Cuando sea necesario dar esta indicación, se podrán usar placas con mensajes de texto.

8 EJEMPLO PILOTOS DE SEÑALIZACIÓN EN CONDICIONES GEOMÉTRICAS TÍPICAS

Dentro del alcance del presente documento, está la ilustración de algunas situaciones típicas, mediante ejemplos piloto de señalización, que sirvan de referente para los ingenieros encargados de hacer el diseño de señalización de un proyecto vial. Se dan a continuación una serie de lineamientos a seguir, considerando unas variables de diseño geométrico de las vías.

Es por ello que se consideran los siguientes casos: Intersección en “T”, en cruz, y en glorieta. Se muestra de la misma forma, el piloto de señalización del proyecto de doble calzada sobre la vía Bogotá – Facatativá a lo largo de un tramo de 1800 m de longitud aproximadamente, que cruza en su recorrido una glorieta que brinda conexión con el municipio de Madrid, con el fin de contrastar lo recomendado en el documento y los ejemplos previos, con las condiciones encontradas en terreno, y mostrar su aplicación dentro del proyecto vial que se escoge.

Como un anexo, y con el fin de mostrar los insumos necesarios para efectuar estudios de visibilidad, se expone a modo de muestra, un análisis de distancias de visibilidad a lo largo de un tramo seleccionado en la vía Cambao – Puerto Bogotá, en el Departamento de Cundinamarca.

8.1 DISEÑO GEOMÉTRICO

El diseño geométrico convencional de vías, con elementos cuyos parámetros de diseño empleados, cumplan las especificaciones establecidas pero aún mejor, si los valores empleados están por encima del valor mínimo aceptado y por debajo del máximo permitido, para este caso se establece que el criterio y procedimiento empleado para desarrollar el proyecto es aceptable y por lo tanto se define como un buen diseño.

Además, todos los elementos integrados conforman el proyecto definitivo y, si dicho proyecto cumple con todos los aspectos relacionados con la selección del mejor corredor, cuya integración a su entorno procura minimizar los impactos ambientales siendo básica la adaptación paisajística del proyecto vial, al entorno

dado por la configuración topográfica del corredor del proyecto, se percibe entonces que el proyecto es bueno.

Se conoce en el medio de la ingeniería que un buen diseño geométrico requiere de muy poca señalización, un diseño geométrico regular requiere de una señalización más amplia y un diseño geométrico limitado o pobre requiere de una señalización extensa, con el agravante para este último caso, de que es posible para un conductor prudente, no poder leer e interpretar todas las señales.

En un proyecto vial, donde muchas señales sean demandadas es muy probable que el diseño geométrico no esté cumpliendo los criterios y normas vigentes. De todas formas, mientras el diseño geométrico cumpla con la normatividad de selección del corredor más óptimo, y cada elemento geométrico cumpla con las especificaciones establecidas en la norma, la señalización debe ser poco densa, el caso contrario se presenta cuando la geometría no cumple.

En un tronco vial o carretero, para efectos de establecer la señalización de un proyecto, es muy importante conocer las distancias de visibilidad hacia adelante en las dos direcciones, es decir en el sentido del abscisado y contrario. Los valores dados desde el diseño geométrico, permiten conocer el cumplimiento de las distancias de parada y de adelantamiento, con los cuales se identifican las zonas donde la velocidad se debe reducir y zonas habilitadas para ejercer la maniobra de adelantamiento.

8.2 CRUCES VIALES

En cuanto a la señalización de los cruces vales, a continuación se establecen algunos criterios primordiales asociados a la geometría de las intersecciones.

8.2.1 Señalización y concepto general

El orden de la circulación en cruces a nivel o en convergencia de vías, se podrá hacer estableciendo una prioridad fija de paso para cada una de las dos trayectorias que se cruzan o convergen (que se denominará principal) sobre la otra (que se denominará secundaria), o alternando dicha prioridad en el tiempo mediante un semáforo.

Las prioridades fijas deberán estar siempre explícitamente señalizadas, excepto en cruces con vías sin pavimento; en la trayectoria vial secundaria, el orden de circulación podrá obligar a su detención mediante la señal SR-01 denominada

Pare, si interfiere con la circulación de un vehículo de la trayectoria principal, se empleará la señal SR-02 denominada Ceda el paso.

La decisión de establecer una prioridad alternativa por medio de semáforos, fuera de la zona urbana y donde fuera posible una velocidad de aproximación superior a 50 Km/h, debe estar muy justificada, ya que implica la pérdida temporal de la prioridad de los vehículos que circulen por la trayectoria principal que, normalmente, forma parte de un itinerario de largo recorrido, por lo que tendrán que detenerse repentinamente, con el consiguiente peligro. En estos casos, se estudiarán todas las alternativas posibles de ordenación de la circulación antes de tomar la citada decisión, y se garantizará que la velocidad de aproximación no sea mayor a 50 Km/h desde 75 m. antes del primer semáforo.

Se establecen tres funciones mediante señales ubicadas sobre la vía secundaria a tener en cuenta para la prioridad fija: “Pare” en la trayectoria secundaria, “Ceda el paso” en la trayectoria secundaria y señalización de la trayectoria principal:

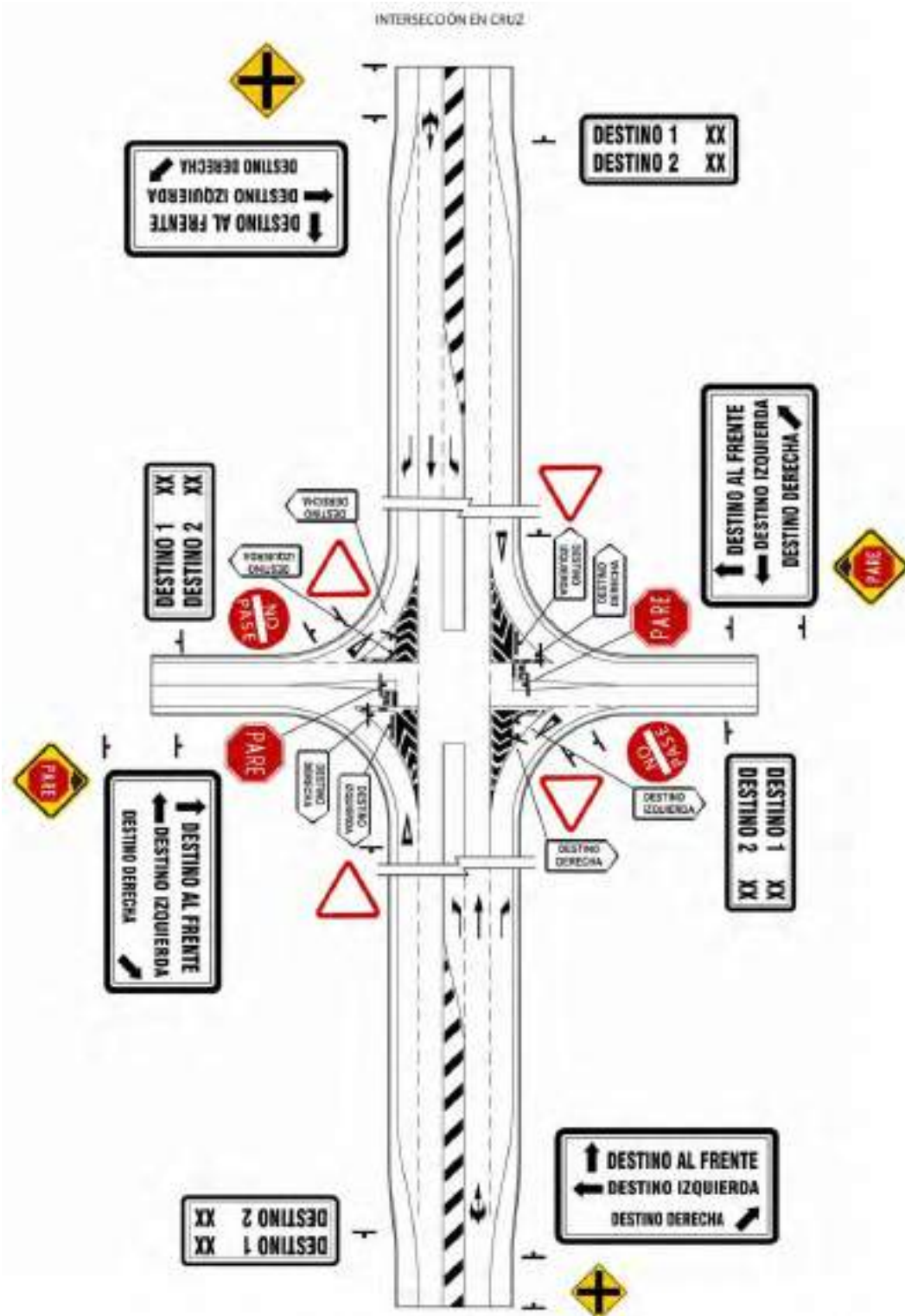
8.2.2 Pare en la trayectoria secundaria

Se adoptará este orden de circulación vehicular, en los siguientes casos:

- a) En cruces con otra trayectoria de igual o mayor importancia, bien sea por su TPD o porque establezca la continuidad de un itinerario de tráfico de larga distancia regional o nacional.
- b) En los casos donde no exista semáforo en el cruce con otra carretera, siendo la mayoría de los cruces viales de igual jerarquía.
- c) Donde la visibilidad de cruce sobre la trayectoria principal sea restringida.

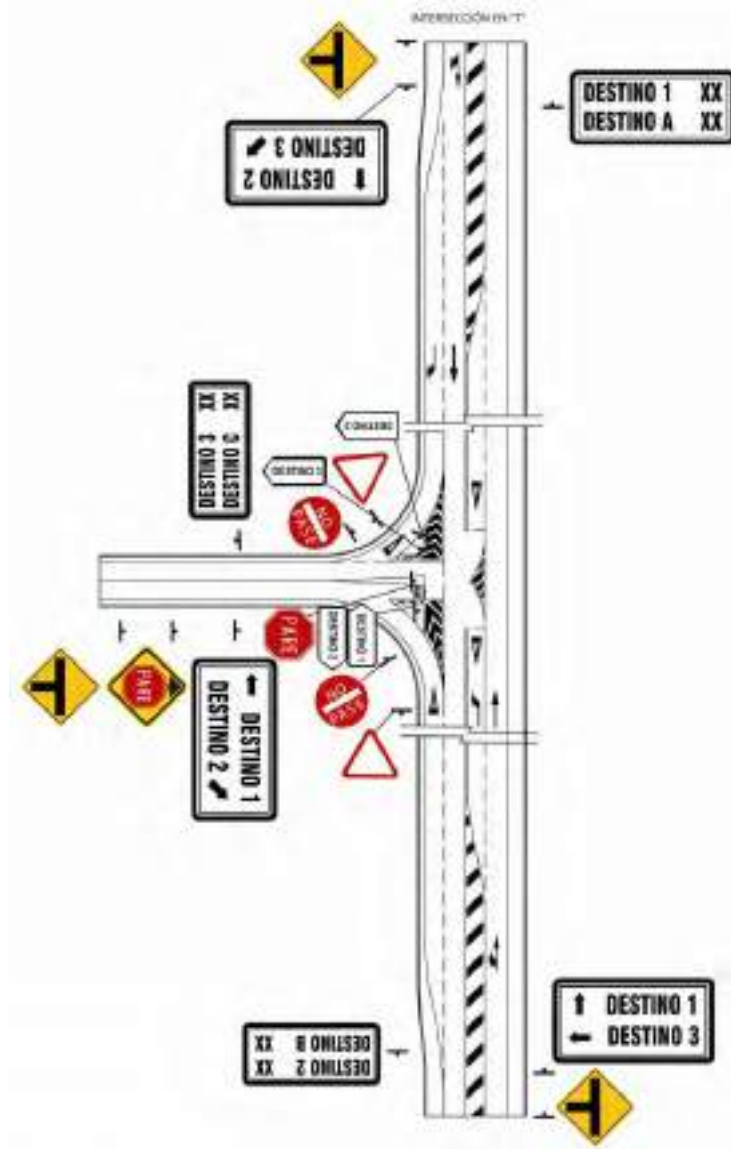
La señal SR-01 denominada “Pare”, se instalará lo más cerca posible a la línea de demarcación de pare, y en ningún caso a más de 5 m. de ella; esta señal se complementará siempre con la señal preventiva SP-29 - Prevención de pare, a la cual se puede añadir la distancia a la cual se encuentra ubicada la señal de Pare en caso que la intersección que ésta regula no sea visible con total claridad desde el punto donde se ubica la señal preventiva SP-29. Ver Figura 145 y Figura 146.

Figura 145 Piloto de señalización para intersección en cruz



Fuente: Elaboración propia

Figura 146 Piloto de señalización para intersección en “T” con carriles de giro



Fuente: Elaboración propia

8.2.3 Ceda el paso en la trayectoria secundaria

Se adoptará este orden de circulación vehicular, en los siguientes casos:

- Al principio de un carril de aceleración (no al final).

- b) En la convergencia de una trayectoria, a través de un carril reservado para girar a la derecha, sin carril de aceleración.
- c) En la entrada a una glorieta, en la que tendrán prioridad los vehículos que circulen por la calzada anular.
- d) En intersecciones urbanas secundarias, con visibilidad de cruce suficiente, y velocidad de aproximación no superior a 50 km/h.

La señal SR-02 denominada Ceda el Paso, se instalará lo más cerca posible a la línea de demarcación de Ceda el Paso de la trayectoria secundaria en cruces, o al principio del carril de aceleración (no al final) y, en ningún caso, a más de 5 m de ellos. Ver Figura 146.

La señal SP-33 denominada Prevención Ceda el Paso, se adicionará siempre, a la cual se debe añadir la distancia a la cual se encuentra ubicada la señal de Ceda el Paso, 150 m., por ejemplo.

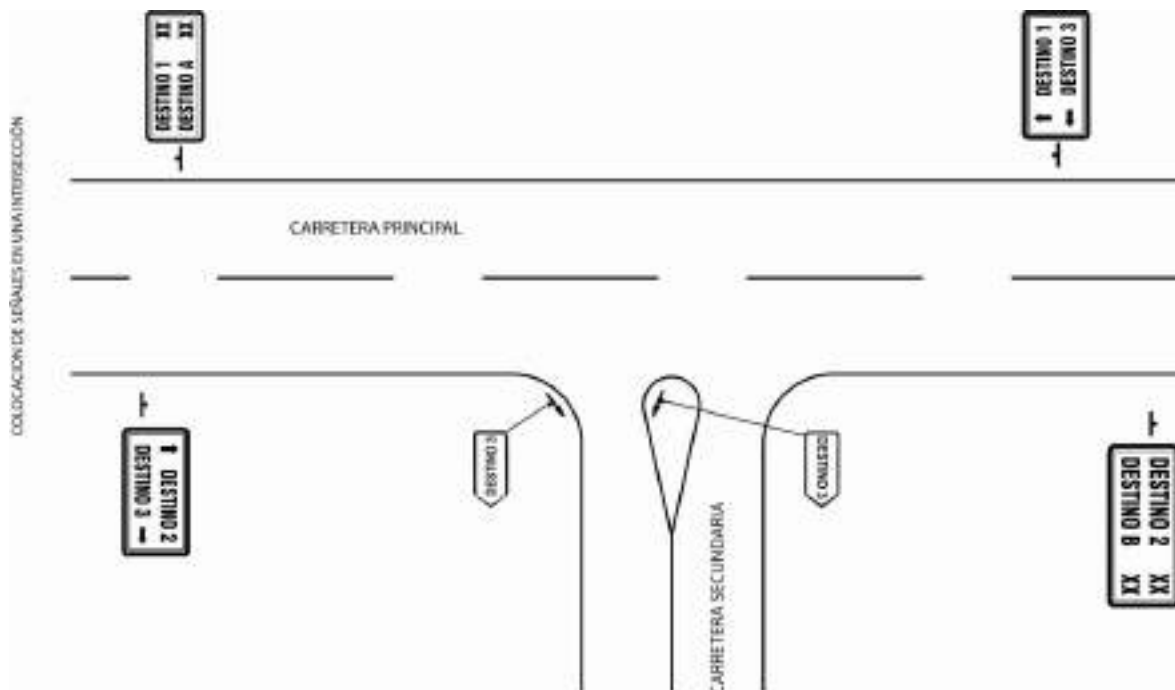
8.2.4 Señalización de la trayectoria principal

En cruces, se instalarán las señales SP-11 denominada Intersección de Vías, SP-12 Vía Lateral Izquierda, SP-13 Vía Lateral Derecha y SP-14 Bifurcación en T, a las siguientes distancias aproximadas antes del punto de cruce:

- a) Vías urbanas: 25 a 50 m.
- b) Carreteras convencionales con berma mayor a 1,5 m: 200 m.
- c) Carreteras convencionales con berma menor a 1,5 m: 150 m.

Siempre que se utilicen estas señales, las trayectorias secundarias deben tener instaladas señales SR-01 y SR-02. En redes urbanas, con cruces frecuentes y velocidad de aproximación inferior a 40 km/h, se podrá prescindir de estas señales.

Figura 147 Piloto de señalización en una intersección en “T” simple



Fuente: Elaboración propia

8.3 GLORIETAS

Para el buen funcionamiento de una glorieta en condiciones seguras, es necesario implantar la señalización que permita a los conductores llegar a la línea de ceda el paso a la velocidad requerida, incluso de control de pare total, para lo cual el usuario debe comprender el tipo de intersección que está atravesando.

El diseño geométrico de la glorieta, debe ser claro y visible desde las entradas, de tal forma que permita comprender al usuario su funcionamiento, obligando al conductor reducir la velocidad en las entradas, para lo cual se debe cumplir siempre, que el ángulo de entrada o de deflexión con respecto a la posición del anillo circular central, este comprendido entre 18 y 54 grados, con un óptimo de aproximadamente 23 grados.

A pesar de que un óptimo diseño geométrico es la mayor garantía de comodidad y seguridad, es necesario proceder a una señalización específica de la glorieta con el propósito de reforzar las condiciones de seguridad.

Los objetivos de dicha señalización serán los de la comprensión del dispositivo y los controles de velocidad por parte del usuario, a los que se les debe agregar siempre la información previa de las direcciones de los destinos y de confirmación de destino.

La señalización horizontal y vertical contenida en este capítulo tanto de la glorieta como de los ramales, es común a la de otras intersecciones, y debe por lo tanto ajustarse a las normas y recomendaciones vigentes en esta materia, siendo necesaria la utilización de una señalización específica como intersección giratoria.

8.3.1 Señalización y concepto general

El principal objetivo de la señalización preventiva en una glorieta, es indicar con claridad la existencia de una intersección giratoria, lo cual implica la condición de que el conductor que transita el ramal de entrada no tiene la prioridad y deberá ceder el paso a los vehículos que circulan por el anillo. En consecuencia, el cumplimiento de este objetivo se logra con la colocación de la señal SP-20 denominada Glorieta que advierte la proximidad de una intersección donde la circulación se efectúa en forma giratoria y en el sentido de las flechas.

Esta señal deberá colocarse en los ramales de entrada a las glorietas, a una distancia de 200 m. del anillo circular, esta distancia debe indicarse (200 m.) en la parte inferior de la señal SP-20, así como la señal SP-33 denominada “Prevención de Ceda el Paso” (150 m.) en la parte inferior. En cuanto a otras señales, normalmente se emplean las limitaciones de velocidad SR-30 a 250 metros del anillo central y SR-26 denominada Prohibido adelantar, en los dos costados de la calzada y a 125 metros de la calzada circular.

Se ubicará la señal SI-05B denominada Croquis a 100 metros del anillo circular y se recomienda de forma amplia que esta señal sea complementada con una placa que contenga el texto adicional “USTED NO TIENE LA PRIORIDAD” en la parte inferior, como una medida de bajo costo que pretende aumentar la seguridad en la operación de la glorieta; si hubiera un carril segregado o deflector para girar a la derecha, tal circunstancia se indicará en el croquis.

Las reducciones de velocidad en cada tramo de acceso se señalizarán igual que en cruces en los que pueda ser necesario detenerse para ceder el paso a otros vehículos, en este caso los que transitan por la calzada circular. Se colocará la señal SR-30 con texto mayor a “30” (Km/h) a 250 m. del anillo central y la señal SR-30 con texto de “30” (Km/h), deberá ubicarse a 50 m. del anillo central. Ver Figura 148 y Figura 149.

También se recomienda señalizar la obligación de ceder el paso a los vehículos que circulen por la calzada circular con la señal SR-02 denominada Ceda el Paso, deberá ubicarse donde termina el ramal de entrada y reforzarse en el piso con el símbolo y línea de Ceda el Paso. De forma opcional, se puede complementar la señalización en las bocacalles de la glorieta y en la glorieta en sí misma utilizando las señales SR-38 – Sentido único de circulación y los Delineadores de curva horizontal.

La señal SI-05A denominada Informativa de decisión de destino, deberá indicarse en planos mediante un segmento con flecha en el extremo que indique el destino, en cada una de las salidas de la glorieta; todo el esquema de señalización vertical que se sugiere se presenta de forma resumida en la Tabla 65.

Tabla 65. Señalización sugerida en glorietas

Señal	Distancia de ubicación
 Límite de velocidad, SR-30	50 m
 Croquis o descripción de giro, señal SI-05B	100 m
 Prevención de cada el paso Seguridad vial (SI-27)	150 m
	200 m

Señal	Distancia de ubicación
Glorieta y Prohibido adelantar: en ambos costados si es vía de una calzada y doble sentido)	
 Límite de velocidad	250 m
 No pase, SR-04	Costado derecho de bocacalle de ingreso a la glorieta, de cara al tráfico en que pudiera ingresar en contravía
 Informativa de decisión de destino SI-05A	Isleta direccional, con visibilidad desde la glorieta, apuntando hacia una vía de salida
 Indicación de separador, tránsito a la derecha SR-46	Isleta direccional, con visibilidad desde la vía de acceso a la glorieta
 Ceda el Paso	Todas las bocacalles de las vías de ingreso a la glorieta

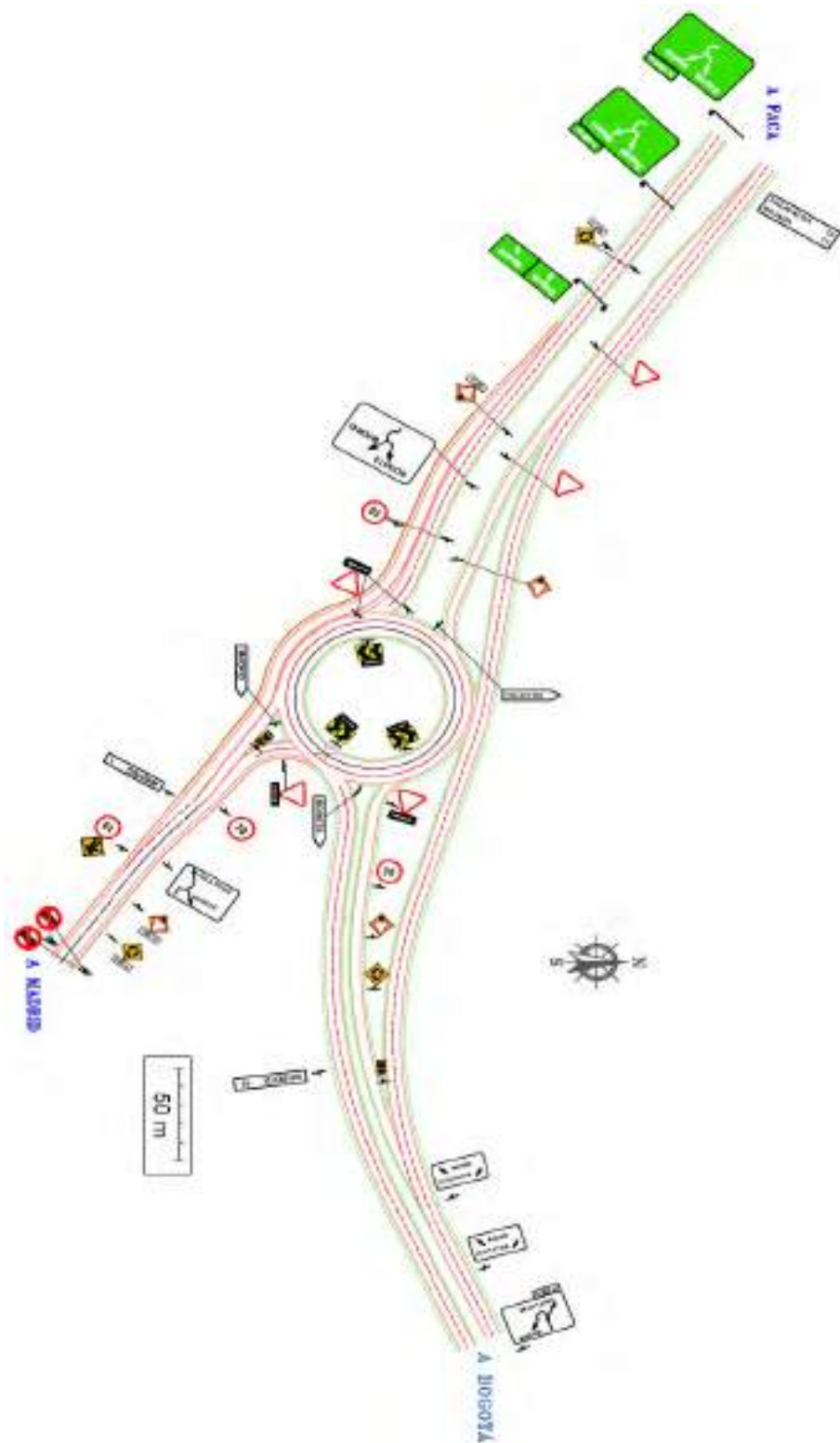
Fuente: Elaboración propia

Figura 148 Piloto de señalización en Glorietas



Fuente: Elaboración propia

Figura 149. Esquema piloto de señalización, intercambiador vial Bogotá – Facatativá - Madrid



Fuente: Elaboración propia

8.3.2 Entradas

La obligación de ceder el paso a los vehículos que circulen por la calzada circular, se señalizará con una señal SR-02 denominada Ceda el Paso, en correspondencia con la marca vial de piso establecida mediante línea y símbolo, duplicándose esta señal sobre la isleta deflectora situada a la izquierda de la entrada cuando se acceda por 2 carriles.

Se colocará señal informativa SI-05A, en las entradas al anillo central y carriles segregados de giro a la derecha.

8.3.3 Calzada Central

En cada una de las entradas, se colocarán en el piso flechas que indiquen la dirección del tráfico que circula en el anillo central.

8.3.4 Salidas

Se colocarán señales informativas en las isletas deflectoras, nunca en la isleta central, indicando el destino principal a que se accede por esa salida empleando la señal SI-05A. Una vez terminada la maniobra de salida y a 200 metros de ella, se colocará la señal SI-06 denominada Confirmativa de Destino.

8.4 SEÑALIZACIÓN DE VELOCIDAD MÁXIMA

A continuación se presentan algunos criterios para la señalización de la velocidad máxima asociados a la geometría de los corredores viales.

8.4.1 Generalidades

Para ser respetadas y exigibles, las limitaciones de velocidad deben ser razonables, y no ser innecesariamente restrictivas; no se impondrán límites excesivos que perjudiquen la credibilidad de la señalización, y que tengan repercusiones en la capacidad de la carretera, o provoquen accidentes por alcance o formación de colas. Los límites de velocidad serán, en todo caso, múltiplos de 10 km/h.

En proyectos viales, es indispensable conocer el abscisado de los tramos homogéneos que dependen de las condiciones topográficas, a los cuales el proyectista de diseño geométrico les asignará una velocidad de diseño, para lo cual deberá recomendar de acuerdo con la velocidad específica dada, el valor de la velocidad a tener en cuenta en la señalización vertical. Este listado debe ser suministrado por el proyectista de diseño geométrico.

Para carreteras existentes y con el fin de conocer a primera mano la velocidad limitada, se establece una relación en función del ancho de carril, la Tabla 66 relaciona estos parámetros.

Tabla 66. Anchura de los carriles en función de la velocidad limitada

VELOCIDAD LIMITADA (km/h)	ANCHO DE LOS CARRILES (m)	
	1 CARRIL	2 CARRILES
30 - 40	3,00	6,00
50	3,20	6,25
60 - 80	3,65	7,30

Fuente: Norma española 8.1-IC

8.5 SEÑALIZACIÓN SOBRE TRAMOS DE ADELANTAMIENTO

8.5.1 Generalidades

En carreteras de calzada única y doble sentido de circulación, en las que para adelantar a otro vehículo más lento haya que invadir un carril reservado al sentido contrario, a efectos de la ordenación de la circulación vehicular se definirán:

- Tramos de adelantamiento permitido.
- Tramos de preaviso, dentro de los cuales no se debe iniciar un adelantamiento, pero sí se puede completar uno iniciado con anterioridad.
- Tramos de prohibición de adelantamiento, dentro de los cuales no se debe invadir el carril contrario.

De todas maneras se recuerda que para efectuar el adelantamiento es condición necesaria que la señalización lo permita, pero no suficiente, pues en determinados

tramos en que se permite el adelantamiento pueden existir períodos de tiempo en que por el tráfico o las condiciones meteorológicas sean peligrosas o imposible efectuar la citada maniobra.

Para identificar los sectores apropiados para efectuar la maniobra de adelantamiento se requiere conocer cada 10 ó 20 m. en abscisas redondas, la distancia de visibilidad disponible hacia adelante, teniendo como referencia el vehículo de diseño más pequeño para este caso, cuyos ojos del conductor no supera la altura de 1.10 m.

El procedimiento para determinar la distancia de visibilidad disponible hacia adelante en proyectos viales, esta especificado en los numerales 2.3.4 y 2.3.4.1 del actual Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008.

El proyectista de diseño geométrico, debe entregar listado donde relacione la distancia de visibilidad hacia adelante en sentido directo y en sentido contrario, en estaciones cada 10 metros para carreteras en terrenos ondulados y montañosos y cada 20 metros para carreteras en terreno plano. Mediante el estudio de visibilidad entregado, se pueden identificar los tramos o sectores donde es posible realizar la maniobra de adelantamiento con éxito.

En resumen, para el establecimiento de la señalización vial es primordial conocer, el Estudio de Visibilidad, mediante éste estudio se puede conocer si el proyecto vial requiere, de un proyecto de señalización sencilla o extensiva

Conocido los sectores habilitados para ejercer la maniobra de adelantamiento, en ambas direcciones de tránsito de vehículos, se puede proceder a demarcar el piso, entonces, se establece una relación biunívoca entre el estudio de visibilidad, y los sectores para demarcación del piso. Como anexo, en el final del documento se muestra como ejemplo el análisis de visibilidad para la vía Cambao – Puerto Bogotá, en el Departamento de Cundinamarca.

8.6 SEÑALES DE DESTINO

Las señales de indicación podrán tener diversas ubicaciones, según los casos:

- Las señales de información previa de destino SI-05.
- Las de confirmación de destino SI-06, indica al usuario que la interpretación de la señalización previa ha sido correcta o no.

- Las señales informativas de decisión de destino SI-05A, ubicadas al principio de isletas tipo «lágrima», por el que se acceda a otra carretera.

Si se requirieran decisiones diferentes por parte de los conductores, las señales deberán estar suficientemente alejadas entre sí, de forma que dichas decisiones puedan tomarse sucesivamente y con seguridad.

8.7 SEÑALIZACIÓN Y DELINEADORES DE PISO

La seguridad al transitar sectores curvos, requiere no sobrepasar cierta velocidad; si para ello, el conductor decide aumentar la velocidad, deberá valorar la situación con suficiente antelación, para no tener que frenar bruscamente y llegar a perder el control de su vehículo.

La utilización de delineadores de piso, de señales de advertencia de peligro, de señales de indicación de la velocidad máxima permitida, o de una combinación de todos estos elementos debe ayudar al conductor a tomar sus propias decisiones. Sólo se recurrirá a señales de limitación de velocidad donde no se disponga de la visibilidad necesaria para poder reducirla con el fin de hacer frente a otras circunstancias (paso a nivel, intersección sin prioridad, etc.) en las que pudiera haber vehículos detenidos.

8.8 PILOTOS DE SEÑALIZACIÓN CON SEÑALES INFORMATIVAS DE DESTINOS

De acuerdo a los criterios mencionados en el numeral relacionado con señales informativas de destino en el capítulo anterior, se presentarán unas situaciones típicas, para ilustrar como deberían ser señalizadas (Ver Figura 150, Figura 151, Figura 152 y Figura 153).

Se utilizarán señales elevadas tipo pasavías si se da alguno de los siguientes casos:

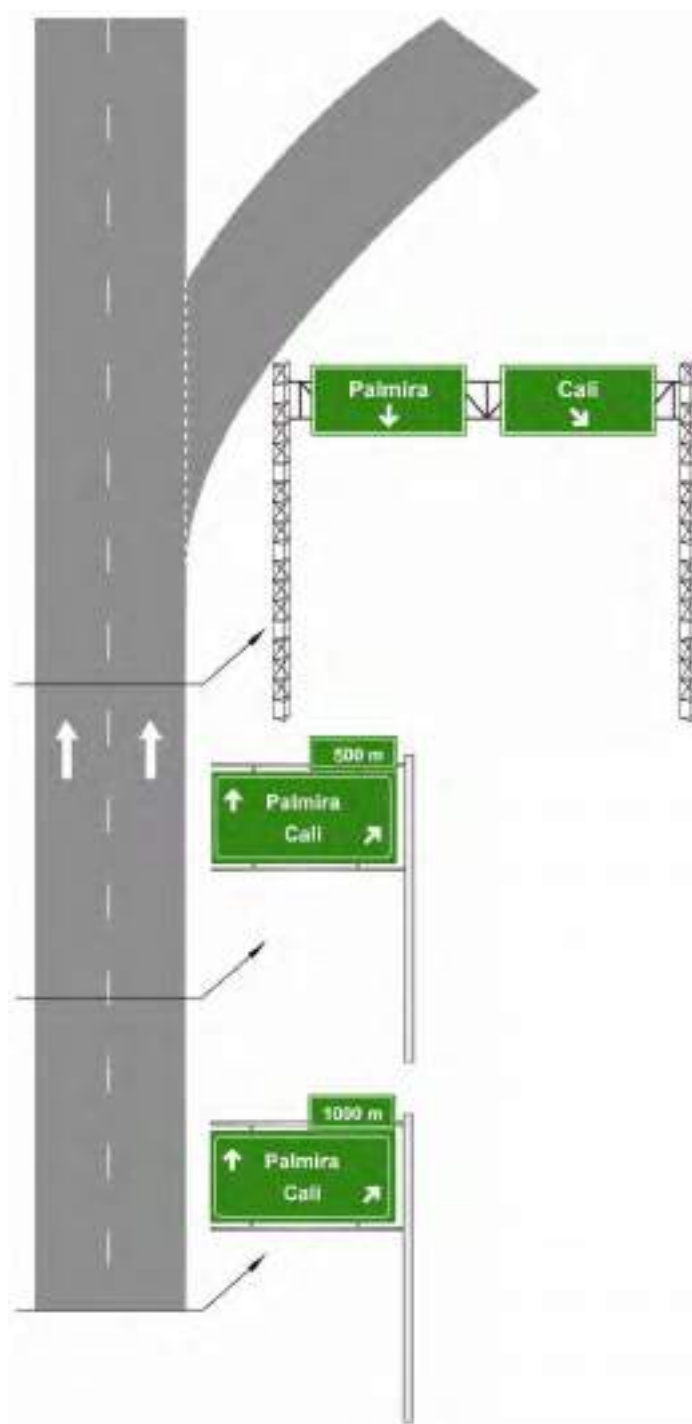
- La población destino es superior a 500.000 habitantes (se hará la pre señalización a 1000 m)
- El nivel de servicio se encuentra en “D” o por debajo de “D” (se hará pre señalización a 1.000 m); o en “C” o por debajo de éste nivel (pre señalización a 500 m).

- Enlaces presentan un trazado complejo o índice de peligrosidad anormalmente elevado.
- En la autopista hay bifurcaciones o salidas por la izquierda.
- Vías rápidas en zona urbana.

En carreteras de una calzada y doble sentido de circulación, se instalarán así las señales:

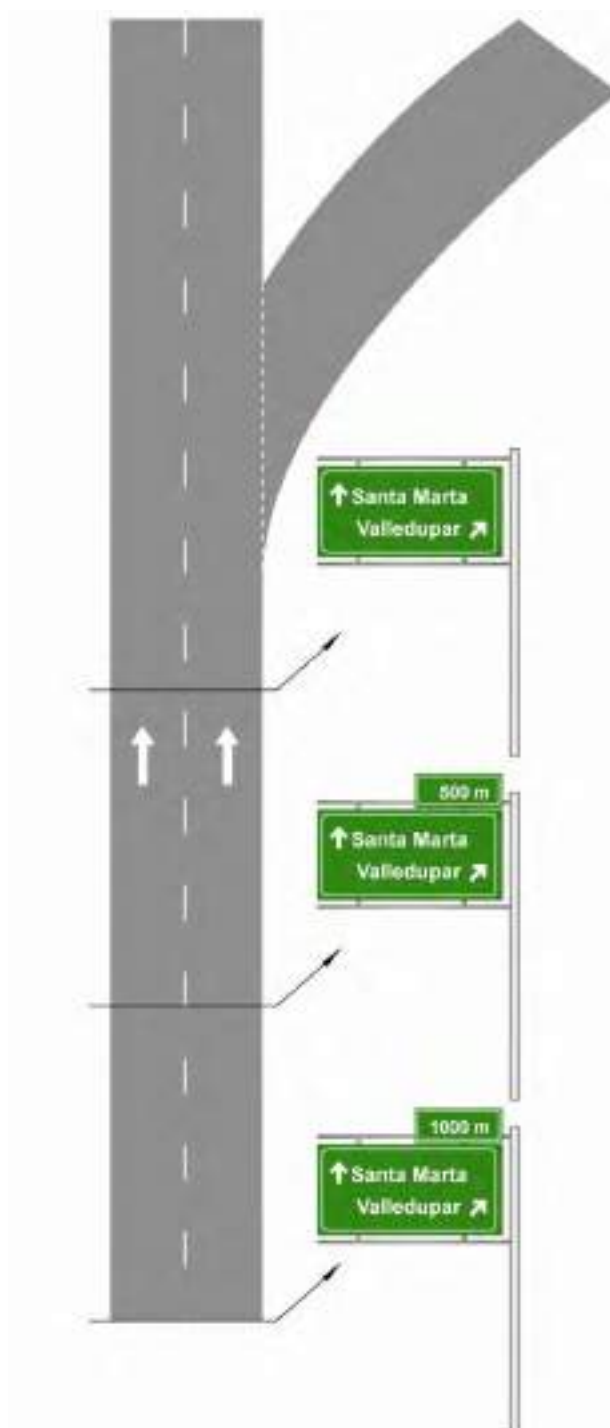
- Cartel de pre señalización: a 1.000 m de la salida, y siempre usando cartel lateral si la salida conduce a una vía de mayor categoría, o a una ciudad o municipio contiguo con población superior a 50.000 habitantes. (Si la población es superior a 100.000 habitantes se utilizará una señal elevada)
- Cartel de pre señalización: a 500 metros de la salida, se usará señal elevada en bandera si la salida conduce a una vía de mayor categoría o a una ciudad con una población superior a 10.000 habitantes. En otro caso se usa un cartel lateral.
- Cartel de salida inmediata: se utiliza señal elevada en pasavías cuando la salida conduce a una vía de mayor categoría, cuando la salida conduce a una ciudad contigua de más de 100.000 habitantes, o cuando hay índices de peligrosidad anormalmente elevados o los trazados en el enlace son complejos; en otro caso se utilizarán señales tipo bandera.

Figura 150. Ejemplos de secuencias de pre señalización con señales elevadas tipo bandera y pasavías



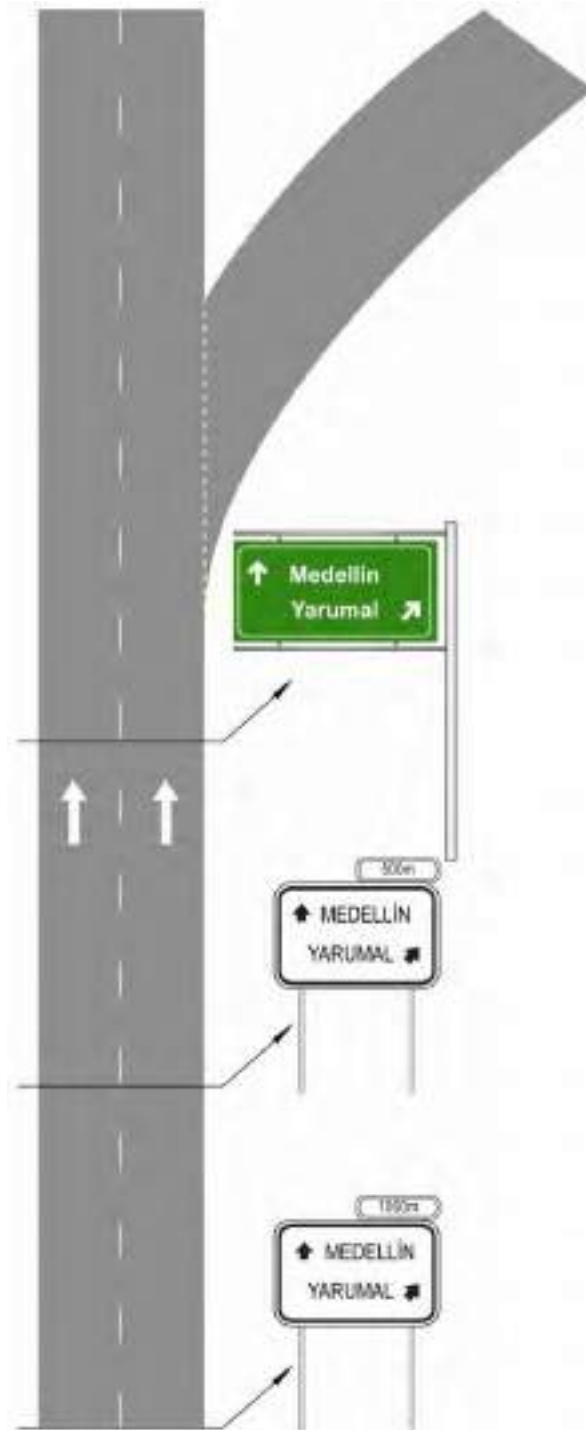
Fuente: Elaboración propia

Figura 151. Ejemplos de secuencias de pre-señalización con señales elevadas tipo bandera



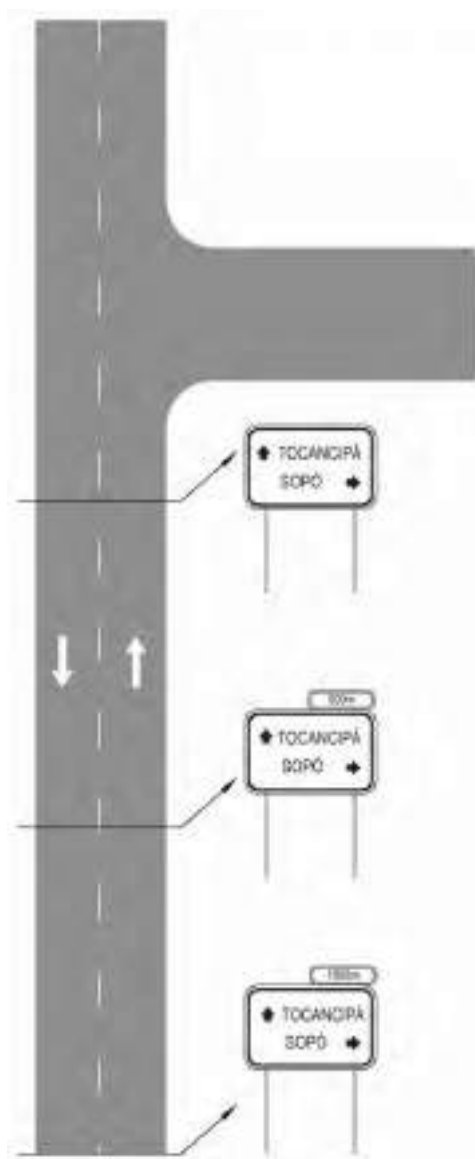
Fuente: Elaboración propia

Figura 152. Ejemplos de secuencias de pre señalización con señales laterales y elevadas tipo bandera



Fuente: Elaboración propia

Figura 153. Ejemplos de secuencias de pre señalización informativa de destino con señales laterales



Fuente: Elaboración propia

9 ESTUDIOS DE INGENIERÍA PARA REALIZAR DISEÑOS DE SEÑALIZACIÓN VIAL

Para el diseño de señalización, es indispensable conocer a cabalidad las condiciones que un tramo determinado de vía presenta y la forma en que éstos influyen en la operación de la vía. Se analizará la señalización que requiere un sistema vial como la consideración de tres componentes básicos, que en orden de prioridad son: el usuario, la infraestructura vial y las condiciones del entorno; todos ellos crean un ambiente particular de operación de la vía. Como parte de la guía para realizar los diseños de señalización vial, se mencionan en este capítulo los estudios de ingeniería que dan un soporte técnico a la elaboración de estos diseños, en donde tienen prevalencia criterios de seguridad vial para usuarios vulnerables, dentro de los criterios técnicos de ingeniería de uso común.

9.1 CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Cuando se piensa en señalización de cualquier tipo, en primer lugar hay que considerar dónde se ubicarán, según el tipo de vía que a su vez viene influenciada por la cantidad de tráfico y el entorno geográfico que atraviesa; conociendo esto se pasa a determinar el tipo de mensajes que hace falta transmitir y así el tipo de señales que han de ser consideradas para ello.

9.1.1 Tipo de vía

La señalización puede realizarse sobre vías de nuevo trazado, o sobre vías existentes; por vías de nuevo trazado se entenderá todas aquellas que cumplan con lo estipulado en el Manual de Diseño Geométrico del INVIAS. En este tipo de vías se hará todo el diseño de la señalización dentro de las etapas de factibilidad y los respectivos ajustes en la etapa de diseños definitivos.

Sobre las vías existentes, se puede pensar en la señalización como una solución de bajo costo que va orientada a solucionar problemas específicos en la operación de la vía, que generalmente se tratan de accidentalidad en la mayoría de los casos. Existirán casos en donde la instalación de dispositivos de señalización no pueda servir más que como medida provisional debido a que la solución del problema requiere mejoras en los

alineamientos, en las características de la vía o en aspectos determinados de infraestructura.

Se entiende que además las vías existentes en Colombia no cumplen con los parámetros de diseño que plantea el actual Manual de Diseño Geométrico de Vías, y presentarán en su trazado muchas de las condiciones indeseables que se plantean en el mismo.

Los diseños de señalización en vías existentes, pueden involucrar el cambio de la señalización existente mediante la relocalización de las señales, su renovación y mantenimiento así como la actualización de los dispositivos, o el diseño de señalización en una vía existente y que no contaba con señalización.

Un ejemplo de ello puede ser una vía terciaria que es pavimentada y con ello se convierte en una vía secundaria; la señalización tiene que considerar el hecho de que la vía será de „bajas” especificaciones de diseño geométrico y como tal tiene que suplir al máximo posible las falencias que estas bajas especificaciones originan sobre la vía. La señalización que se instale no se entenderá como la solución a un problema de seguridad vial específico, tan sólo como una medida de mitigación de impactos.

9.1.2 Señales

El uso de señales sobre la vía tiene que responder a una necesidad específica para regular la operación de la vía donde se pretenden instalar. Su utilización deberá mejorar las condiciones de circulación y mitigar impactos negativos, mediante el mensaje que se transmite a los usuarios. Su incapacidad o su insuficiencia en los valores esperados para la mitigación de estos impactos será a su vez lo que justifique la implementación de nuevas medidas e incluso cambios en infraestructura.

La variedad de mensajes que hay que transmitir determinan el tipo de señal a utilizar y dependen de las condiciones del entorno, que son únicas y particulares para cada sitio que requiere ser señalizado. En el caso de las señales que se pueden utilizar, pueden presentarse los siguientes casos frente al uso de las señales recomendadas o que se consideran adecuadas para una determinada circunstancia: señales que no existen y su uso es recomendado, para vías existentes, señales que no existen y su uso es recomendado en vías de nuevo trazado, o bien señales que figuran en el Manual de Señalización Vial, cuyo uso debe desaparecer gradualmente a medida que la infraestructura existente se somete a mejoras, es decir cuyo uso resultará obsoleto en vías de nuevo trazado.

9.2 ESTUDIOS DE OPERACIÓN DE LA VÍA

En el momento de hacer diseños de señalización para vías existentes, hay que estudiar toda una serie de parámetros operativos que serán decisivos para determinar el esquema de señalización más conveniente en un tramo de vía.

La señalización vial ante todo tiene que velar por la seguridad de los usuarios, es por ello que un diseño de señalización no puede hacerse sin antes llevar a cabo los respectivos análisis sobre la seguridad vial del tramo o zona que se pretende señalar. Se consideran para este fin, algunos de los siguientes aspectos que se tendrán en cuenta para el análisis de la seguridad vial: en primer lugar, hay que disponer de planos de todo el trazado en planta y perfil de la vía, y las características de su sección transversal, con el fin de tener un conocimiento preliminar de las características geométricas de la vía, así como una adecuada referenciación (mediante sistemas de georeferenciación, coordenadas o abscisado) de todos los puntos singulares en el mismo.

Dependiendo del tipo de vía y su jerarquía, habrá un nivel de servicio establecido que se espera sea alcanzado en la operación; el alcance de un proyecto vial viene dado por su función y la composición del tráfico esperada, entre otras cosas. Los indicadores de operación no pueden ser iguales en una autopista, una vía principal o vía existente que ha sido mejorada a partir de un diseño anterior.

En el caso de proyectos viales en construcción o de vías de nuevo trazado, el procedimiento se limitará a disponer planos y a identificar puntos singulares en el trazado de la vía, en la medida que aún no se dispondrá muchos de los datos que a continuación se mencionan.

9.2.1 Accidentalidad:

Atendiendo a criterios de seguridad vial, se debe procurar establecer mecanismos o indicadores que midan el factor de riesgo en las vías. Es por ello que en todo momento se debe procurar contar con la información histórica de la accidentalidad del tramo que se pretende señalar.

Para hacer el seguimiento de la accidentalidad⁷⁴ dentro de la consideración de los aspectos de seguridad vial en el trazado de la vía, se analizarán los accidentes ocurridos en los últimos tres (3) años, definiendo claramente el tramo o la zona. Su

⁷⁴ Recomendación tomada del ANEJO DE SEGURIDAD VIAL EN LOS PROYECTOS DE CARRETERAS DE LA RED REGIONAL DE CASTILLA Y LEÓN.

análisis tendrá en cuenta todos los accidentes ocurridos en el tramo de estudio (tanto los accidentes con víctimas, como los accidentes con daños materiales), la gravedad del accidente (víctimas mortales, heridos, daños), la tipología de los accidentes, la causa del accidente y si existe alguna relación con las características de la vía, identificando elementos de riesgo y posibles defectos de la carretera, las condiciones atmosféricas existentes en el momento del accidente, el tipo de vehículo afectado por el accidente, el entorno de la carretera, la frecuencia con la que suceden los accidentes, y los periodos de mayor concentración de accidentes. Otras causas que podrían considerarse son los accidentes provocados por fauna u otro tipo de elementos.

Para el cálculo de indicadores que reflejan cualitativamente los aspectos de accidentalidad mencionados, se conocerán los siguientes datos de la carretera, que se mencionan en la Tabla 67. Conociendo los datos que se indican, se podrá hacer el cálculo de los indicadores que se explican en la Tabla 68.

Tabla 67. Datos necesarios para cálculo de indicadores de accidentalidad

Dato a conocer	Notación utilizada
Número de accidentes con víctimas	A_v
Número de víctimas mortales	V_m
Número de accidentes con daños	A_d
Tránsito promedio diario	TPD
Longitud del tramo seleccionado (km)	L
Extensión del período del cual se disponen datos	n

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68. Indicadores de accidentalidad

Indicador	Ecuación de cálculo
Índice de Peligrosidad “IP” , relaciona el número de accidentes con víctimas en los últimos años con el tráfico registrado.	$IP = \frac{A_v}{\overbrace{(PD)}^{(PD)} \cdot 365 \cdot L \cdot n}$
Índice de Mortalidad “IM” , relaciona el número de víctimas mortales en los últimos años con el tráfico registrado.	$IM = \frac{V_M}{\overbrace{(PD)}^{(PD)} \cdot 365 \cdot L \cdot n}$
Índice de Accidentalidad Total “IAT” , relaciona el número de accidentes totales (con víctimas y daños materiales) en los últimos tres años con el tráfico registrado.	$IAT = \frac{A_v + A_d}{\overbrace{(PD)}^{(PD)} \cdot 365 \cdot L \cdot n}$

Fuente: Elaboración propia con base en información tomada del *Anejo (sic.) de seguridad vial en los proyectos de carreteras de la red regional de Castilla Y León*

Cuando en la carretera objeto de estudio se identifique algún tramo de longitud menor de 1 Km. donde se acumulen los accidentes, se calculará el *IP* para ese tramo singular, y si el valor de *IP* del tramo singular supera el valor de cuatro veces el *IP* medio del tramo en estudio, se realizará un estudio específico del punto por tratarse de un tramo de concentración de accidentes.

Después de identificar los tramos y puntos críticos de un trazado de vía o de una zona específica por medio del análisis de los indicadores mencionados, se evaluarán aspectos de la vía⁷⁵ como el pavimento, la sección transversal, el drenaje, la señalización y las demarcaciones existentes, las estructuras de contención y las características del uso del suelo y el tráfico de la vía, entre otros. Con esto se espera tener una lista precisa de las condiciones que hay que señalar en la vía, y las recomendaciones en mejoramiento de infraestructura que pueden hacerse a raíz de ello y ayudaran a prescindir de una instalación excesiva de señales o de restricciones excesivamente limitantes para la circulación y la operación normal de la vía.

9.2.2 Velocidad

Se considerarán las siguientes distintas clases de velocidad cuando se pretende señalar el límite de velocidad mismo o cuando la velocidad será determinante para la reglamentación o el tipo de advertencia que se formulará sobre la vía:

⁷⁵ Ver el numeral 1.5 del documento, sobre Auditorías de Seguridad Vial.

- **Velocidades de diseño:** debe ser de total claridad la velocidad de diseño de una vía o de un tramo dado, lo que se determina a raíz de las características del diseño geométrico de la vía. Hay que verificar las velocidades de diseño para los alineamientos verticales y horizontales, así como la influencia prevista en ellas debido a las distancias de visibilidad, la necesidad de efectuar maniobras de convergencia o entrecruzamiento y la aceleración o desaceleración del tráfico en las intersecciones.
- **Velocidad genérica:** en el “Método para Establecer Límites de Velocidad en Carreteras Colombianas” de la Universidad del Cauca se define una velocidad genérica a una vía o a un tramo específico de un tramo de vía en función de las características de su sección transversal, sus características geométricas (velocidad de diseño, radio mínimo, pendiente máxima, ancho de calzada y bermas), la presencia o no de elementos de contención, control de accesos y presencia de peatones.
- **Velocidad real de circulación (velocidad de operación):** el estudio de las velocidades de aproximación de los vehículos a elementos determinados en el trazado de la vía da como resultado determinados perfiles de la velocidad de circulación (puntual) en la vía; se prestará especial atención a los puntos singulares del trazado y Se considerarán como puntos singulares las curvas pronunciadas, las curvas situadas a continuación de rectas de gran longitud, las pendientes prolongadas, los cambios de superficie rasante, entre otros. Aquellos puntos del tramo de estudio, en los que la velocidad real de circulación tenga una variación de ± 30 km/h, respecto de la velocidad específica de la carretera se considerarán potencialmente peligrosos. Otros puntos singulares serán determinados mediante la visita a campo.
- **Límite de velocidad:** tiene que ser concordante con uso del suelo adyacente al trazado de la vía, la jerarquía de diseño y las velocidades antes consideradas. Los efectos de cambios repentinos en los límites de velocidad tienen que ser estudiados y verificados; respecto a la correspondencia de la velocidad de diseño de la vía y el límite correspondiente de velocidad para la vía seleccionada.

9.2.3 Composición del tráfico

Se determinarán los volúmenes y el porcentaje de composición del tráfico por categoría, considerando los vehículos livianos, motocicletas, vehículos agrícolas, ciclistas, peatones, entre otros; se hará un análisis de la influencia en la operación de la vía dada por la coexistencia de estos tráficos y la presencia de

composiciones destacadas que afecten de una determinada manera la operación en la vía, debido a que circulan con diferencias de velocidad muy marcadas.

También tienen que ser considerados los posibles efectos sobre la operación de la vía de incrementos imprevistos en los volúmenes de circulación. Por ejemplo, una proporción elevada de camiones que circulen en una vía crean fuertes restricciones para la visibilidad de los vehículos livianos, por lo que se incrementa la necesidad de disponer de señalización elevada sobre la vía.

9.2.4 Visitas en campo

Las visitas de campo permiten determinar las condiciones existentes de infraestructura y operación con más detalle y por eso permiten a quien diseña la señalización de la vía conocer las condiciones particulares presentes en el trazado de la vía, y la formulación de todo tipo de observaciones adicionales a considerar, que de otra forma no sería posible conocer. Se determinarán puntos singulares adicionales del trazado mediante este procedimiento, el cual se basará en los lineamientos que se citan a continuación, para la evaluación de las condiciones generales del entorno de la infraestructura.

9.3 USUARIOS EN LA VÍA

Aparte de la composición vehicular del tráfico, en vías existentes que se quiere señalar ya tendría que ser conocida, es fundamental caracterizar a los usuarios que se encuentran o se esperan encontrar en la vía; no es lo mismo una vía con alto tránsito de camiones a una vía frecuentada por ciclistas o peatones, o con presencia de todos ellos, por ejemplo.

El orden de prioridad en el que se hará este análisis viene dado por la vulnerabilidad de los usuarios, dada la necesidad primera de proteger la vida y la integridad de los usuarios más vulnerables en la vía. Es por ello que las visitas de campo y la información útil para caracterizar los distintos usuarios de la vía contemplará peatones, ciclistas, ecuestres y vehículos de tracción animal, transporte de carga y transporte público.

Las motocicletas, pese a encontrarse dentro de los usuarios vulnerables en los escenarios que plantea el Plan Nacional de Seguridad Vial, no se considerarán específicamente aquí. Una motocicleta en esencia cuanta con la misma capacidad operativa de un automóvil, puede desarrollar la misma velocidad que éstos. Es por ello que no hay razones para restringir el tránsito de motocicletas en las vías

nacionales más allá de las restricciones que rijan para el tráfico automotor en general.

9.3.1 Peatones

En cuanto a peatones, se identificarán adecuadamente todos los cruces a nivel, en puentes y en pasos subterráneos, así como todos los tramos de vía en que haya circulación de peatones paralela al trazado de ésta, la visibilidad que se tenga de éstos desde la vía, las señales existentes para su protección y el tipo de superficie que exista para su circulación, serán factores decisivos para la señalización de una vía.

Para la señalización de sitios con flujo de peatones (ver Figura 154), se hará uso de la señal SR-19 en tramos de carreteras donde la circulación de peatones sobre la vía sea frecuente y no haya espacio adecuado para su circulación a los costados de la vía; esto impondrá una reglamentación a los peatones y a su vez advertirá a los vehículos de la posible presencia de éstos sobre la vía.

En caso de carreteras donde se disponga de espacio o un sendero adecuado y accesos controlados, se recomienda la ubicación de la señal SR-20, de forma tal que sea visible para los peatones en los puntos donde éstos podrían entrar a la vía; y que al mismo tiempo NO sea visible desde la calzada.

Figura 154. Señales utilizadas para regular el flujo de peatones



Fuente: Imágenes extractadas del Manual de Señalización Vial.

Para prevenir al usuario de la vía sobre la presencia de peatones que pueden cruzar la vía, se utilizarán las señales SP-46, SP-47 o SP-48 según corresponda (ver numeral 7.2 sobre zonas escolares). Adicionalmente a ello, se recomienda el uso de la señal SP-46 “Peatones en la vía” con una placa señal complementaria de limitación de velocidad, como se indica en el MSV; antes de la presencia de un paso peatonal a nivel sobre la vía, se indicará con una señal informativa SI-24.

9.3.2 Ciclistas:

En el caso de encontrar tramos de vía con tránsito frecuente de ciclistas o un cruce determinado con una vía ciclista, se regulará su flujo con las señales que se muestran en la Figura 155.

Figura 155. Señales utilizadas para la regulación del tránsito de ciclistas



Fuente: Imágenes extractadas del Manual de Señalización Vial.

En casos en los que por motivos de seguridad vial se tenga que prohibir su circulación, se ubicará la señal SR-22, respecto a la cual dice el manual que “se hará en vías rápidas o autopistas en donde se dificulte la movilidad de los vehículos y se puedan generar accidentes”. Se ubicará en cada acceso a la vía de donde pudiera esperarse el ingreso de ciclistas a la vía. En la medida de lo posible se ubicarán de forma que no sean visibles al tráfico automotor, previamente a estos, se ubicará la señal reglamentaria SR-37, que indique con claridad el trayecto obligatorio por el que las bicicletas deben circular, y que llevará la flecha inclinada a 45° como se indica en el MSV Colombiano. Se entiende que se prohíbe la circulación de bicicletas sobre la calzada cuando haya una ruta opcional paralela al trazado de la vía que éstas pueden seguir.

En vías que disponen de una berma de características adecuadas, no será estrictamente necesario disponer de alguna de estas señales, ya que los ciclistas usarán la berma para su propia seguridad y comodidad en la circulación; se podrá utilizar la señal SP-59 en donde se considere necesario hacerlo.

En cualquier vía con presencia frecuente de ciclistas y donde no exista una berma en condiciones óptimas que haga que los ciclistas tengan que utilizar los carriles de circulación, se utilizará la señal SP-59; su ubicación será reiterativa, y se recomendará ubicar las señales SP-59 con distancias equivalentes a un minuto de recorrido sobre la vía. Esto recordará a los conductores estar alerta a los ciclistas que posiblemente encontrará en la vía.

Las señales SR-22, SR-37 y SI-11 se harán en los tamaños que se especifican en el Capítulo 9 sobre ciclorrutas del Manual de Señalización Vial, ya que al regir para los ciclistas se tendrá que garantizar simplemente que resulten visibles para ellos.

Para cualquier cruce de una vía y una ciclorruta, se señalizará la vía con la señal SP-59 y una placa complementaria que indique “CRUCE CICLORRUTA XXX m”. Se puede incluso otorgar mayor énfasis a esta señal agrandando su tamaño y reflectorizándola.

9.3.3 Ecuestres y cabalgaduras

Cuando la vía sea frecuentemente utilizada por jinetes o vehículos de tracción animal, se podrá prohibir su circulación, o bien reglamentarla. Si se considera por parte del personal idóneo y bajo la debida sustentación que lo más conveniente es prohibir su circulación se utilizarán las señales verticales SR-21 y SR-25. (ver Figura 156); en caso de reglamentarse, se recomienda la colocación de placas complementarias que indiquen los períodos del día o de la semana en que estará prohibido hacerlo.

En caso de permitir su circulación, será necesario advertir al conductor de su frecuente presencia en la vía; no hay señales en el MSV con las que se pueda advertir la presencia de ecuestres en la vía. Sólo existe la señal SP-49 para advertir de la presencia de animales en la vía, siendo esta referente explícitamente al ganado. Como medida alternativa, se reducirá la velocidad de circulación sobre la vía hasta límites razonables.

Figura 156. Señales utilizadas en el MSV para la regulación del tránsito con animales de tiro.



Fuente: Imágenes extractadas del Manual de Señalización Vial.

9.3.4 Transporte de carga

El MSV Colombiano impone cuatro tipos de restricciones para la circulación de vehículos de carga:

- En zonas urbanas, debido a la congestión vehicular o peatonal, o a las molestias ocasionadas a los residentes.
- Peso máximo total permitido: dice el MSV Colombiano al respecto que se colocará en puentes, en obras de arte civiles o en otros lugares de la vía donde sea necesario limitar el peso de los vehículos por la capacidad de soporte de las estructuras.
- Altura máxima permitida: restricciones de altura a los vehículos o a la carga que llevan.
- Ancho máximo permitido: restricciones de ancho de los vehículos o de la carga que llevan.

Para toda vía que se quiera señalizar, será obligatorio conocer las características de diseño de los pavimentos que la conforman, y de todas las estructuras de paso con las que cuente, para identificar todo punto que pueda ofrecer restricciones al paso de vehículos de ciertas características; se tiene que verificar que los anchos de carril y los radios de giro sean los adecuados para todo tipo de vehículo de carga. En caso de que la vía no resulte apta para un tipo de vehículo en particular, se tendrá que restringir la circulación para ese tipo de vehículos en la vía, por que la vía no tendrá las condiciones adecuadas.

Después de identificar las infraestructuras que originan restricciones a la circulación, se identificarán los tramos a los cuales se impondrá la restricción. Cada inicio de un tramo de restricción deberá estar ubicado en un cruce o en un punto tal, que permita a los vehículos finalizar adecuadamente el viaje o tomar otra trayectoria, si a ellos aplica la restricción y por lo tanto no pueden hacer uso de la vía.

A una distancia prudencial antes del inicio del tramo se utilizará la señal preventiva correspondiente a la restricción (ver recomendaciones del numeral 3.6.2), y en el punto mismo del inicio del tramo se ubicará la señal reglamentaria correspondiente. Tal como lo indica el MSV Colombiano, las señales reglamentarias deberán ser concordantes con la dimensión expresada en la señal preventiva correspondiente (ver Tabla 69 y Figura 157).

En zonas urbanas se utilizará en primer lugar la señal SR-18 y será necesario que posea una placa complementaria donde indique con exactitud a qué clase de vehículos de carga aplicará la restricción; la señal se complementará además con el uso de señales informativas que indiquen la ruta alterna u obligatoria a seguir a los vehículos que no cumplen con estas restricciones.

En la Figura 158 se muestran ejemplos de la disposición de las señales para advertir al usuario de la vía la existencia de una restricción de circulación a vehículos de transporte de carga.

Tabla 69. Señales del MSV Colombiano para la restricción de vehículos de carga

RESTRICCIÓN	SEÑAL PREVENTIVA	(SEÑAL REGLAMENTARIA)
Circulación prohibida de vehículos de carga	Ninguna	SR-18
Peso máximo total permitido	SP-38	SR-31
Altura libre (máxima permitida)	SP-50	SR-32
Ancho libre (máximo permitido)	SP-51	SR-33

Fuente: Elaboración propia

Figura 157. Algunas señales del MSV para la restricción de la circulación de vehículos de carga.

SR-18



SR-31

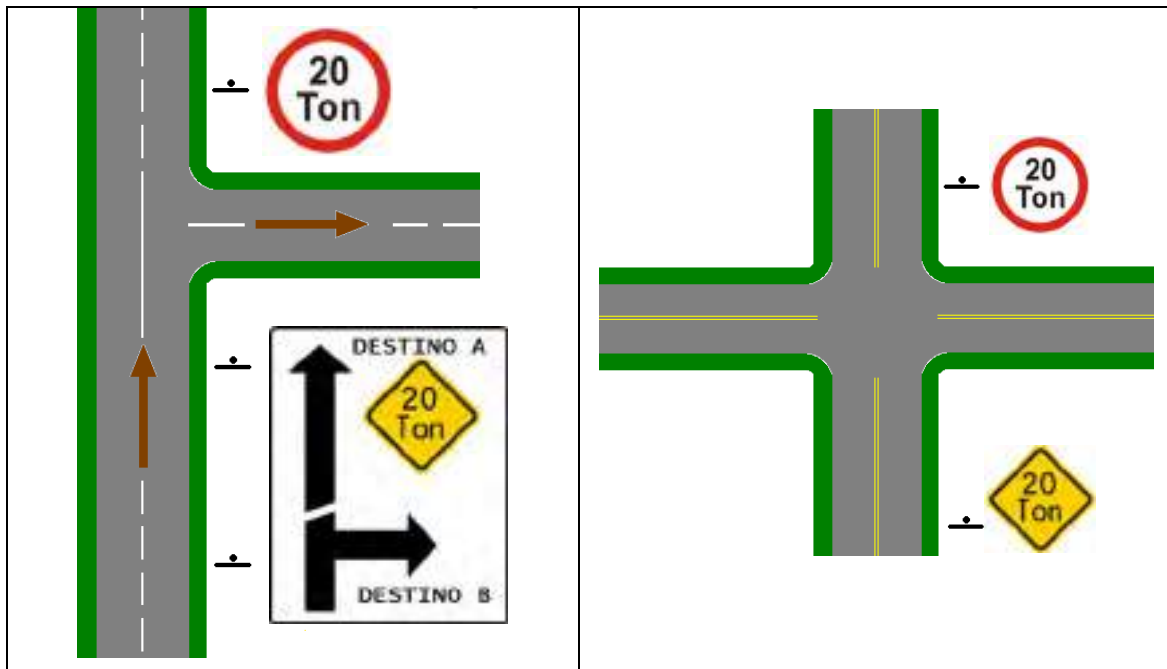


SP-38



Fuente: Elaboración propia

Figura 158. Señalización en vía de restricciones al transporte de carga.



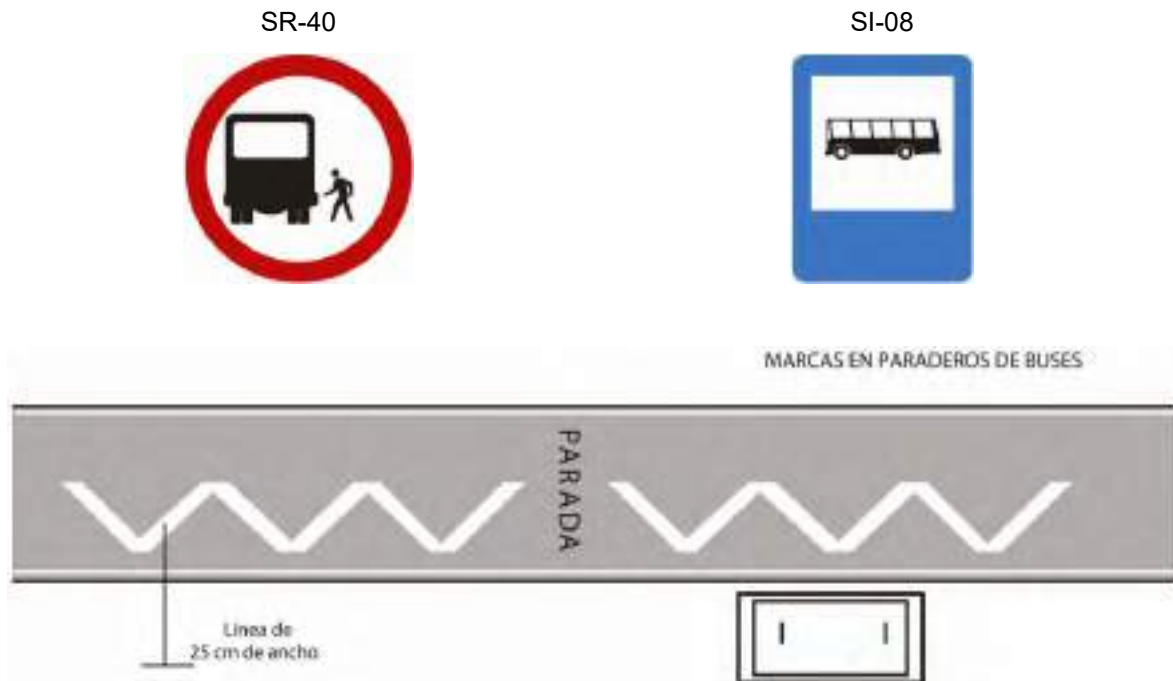
Fuente: Elaboración propia

Es de mencionar que el MSV plantea restricciones en cuanto a la altura de los vehículos así como a su ancho, pero no plantea restricciones sobre la longitud máxima que deberían tener los vehículos que circulen sobre cierto tipo de vía; principalmente en vías de bajas especificaciones; en el caso que la vía no cumpla con los requisitos de diseño y no haya trayectorias alternas. Por ejemplo, se podría advertir a los usuarios de la vía que cedan el paso ante la maniobra de uno de estos vehículos en la vía.

9.3.5 Transporte público

Las paradas de transporte público deben estar adecuadamente posicionadas y señalizadas, mediante los estudios de demanda de pasajeros y de capacidad y nivel de servicio de la vía, se determinará la mejor ubicación de éstos sobre la vía. Se recomienda el uso de la señal SR-40 en el sitio mismo de la parada y el uso de la señal SI-08 de forma anticipada indicando la distancia que éstos deberían tener al cruce; así mismo, se deberán complementar con las marcas que corresponden a los paraderos de buses.

Figura 159. Señalización horizontal y vertical indicada en el MSV para indicar paraderos de bus.



Fuente: Elaboración propia

9.4 CARACTERIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA

A continuación se describen tres aspectos claves a tener en cuenta para caracterizar la infraestructura vial que se pretende señalar: intersecciones, alineamiento y sección transversal; también se mencionan las medidas más relevantes que se pueden aplicar en materia de señalización vial de acuerdo a lo que encontrado en el proceso de caracterización.

9.4.1 Intersecciones

En primer lugar se identificarán todas las intersecciones que la vía tenga en su trazado y el tipo de cada una de ellas (a nivel, a desnivel, canalizada, sin canalizar, glorieta, bifurcación, entre otros), así como las distancias que existen entre unas y otras; de igual manera se deberán conocer los volúmenes de tráfico que maneja cada una de ellas.

Su diseño tiene que ser el apropiado, para el alcance o el objetivo de la intersección, su función y la composición de tráfico que maneja, así como las

medidas propuestas para el manejo de tráfico de la misma. Se tendrá que hallar libre de obstrucciones que impidan la adecuada visibilidad, desde posibles vehículos estacionados hasta elementos fijos o del mobiliario de la vía, como postes; en caso contrario, habrá que adoptar otra serie de medidas más restrictivas que garanticen la seguridad en la circulación.

Es importante que los conductores puedan advertir la presencia de la intersección con suficiente anticipación, y se deberán identificar aspectos específicos en el tránsito, así como aspectos de seguridad vial que justifiquen o desfavorezcan un diseño en particular.

En gloriets y todo tipo de intersección en general, hay que considerar los movimientos ciclistas y peatonales; en intersecciones tipo “X”, “Y” o “T” las prioridades de paso se han de encontrar bien definidas, o en curva, las prioridades se definirán de acuerdo a los volúmenes y trayectorias de circulación predominantes, de acuerdo a los estudios de tránsito en el cruce.

Las señales preventivas del MSV desde la SP-11 hasta la SP-23 (ver Figura 160) sirven para indicar al usuario cómo será la geometría del cruce; el esquema que manejan estas señales en la actualidad no da mayor idea sobre cual es la vía que tiene la prioridad definida ni sobre la geometría exacta de la misma. Al respecto se sugiere que las señales tienen que mostrar mediante variaciones en el grosor y la forma de los esquemas la información necesaria para el usuario en la vía; en todo cruce la señalización vertical y horizontal debe definir claramente rutas e itinerarios a seguir.

Figura 160. Señales preventivas de cruce



Fuente: Imágenes extractadas del Manual de Señalización Vial.

En toda intersección se verificará que las maniobras a efectuar sean las convenientes de acuerdo al diseño, y que se garanticen las distancias de visibilidad. En el caso de la incorporación de una nueva vía a una vía existente, se tiene que analizar la influencia que tenga para la operación de ambas como un sistema.

9.4.2 Alineamiento

Se tienen que identificar los puntos y tramos en la vía sobre los cuales existen combinaciones indeseables en cuanto a los alineamientos (numeral 8.1.1 del Manual de Diseño Geométrico), tanto horizontales como verticales y sus combinaciones.

Dentro de las condiciones indeseables se hallan los alineamientos rectos de gran longitud seguidos de curvas horizontales de radios mínimos, los alineamientos rectos de gran longitud a expensas de pendientes fuertes y los tramos con pendientes bajas a expensas de desarrollos en planta muy extensos. En cuanto a las combinaciones que conduzcan a la pérdida de trazado: La principal consecuencia de esta combinación es la pérdida de ramos con oportunidades de adelantamiento en la vía. La coincidencia entre curvas verticales convexas y puntos de inflexión de curvas horizontales también es una condición indeseable.

Ante situaciones de carreteras en donde no se harán rectificaciones de los alineamientos en el corto plazo, se recomienda por motivos de seguridad restringir la circulación hasta niveles de prohibición adecuados; existen varias formas de hacerlo, desde la variación de los límites de velocidad hasta la formulación de velocidades sugeridas, o imponiendo límites de velocidad diferenciados, mediante ello se puede llegar a facilitar las maniobras de adelantamiento por parte de vehículos livianos, el uso de carriles adicionales de ascenso, entre otros.

El MSV Colombiano sólo tiene la señal SR-30 para reglamentar la velocidad máxima, como recomendación, se debe implementar el uso de placas de velocidad sugerida adosadas a las señales preventivas, y pensar en la implementación de límites diferenciados de velocidad por tipo de vehículo. En general se verificará que el alineamiento de la vía y la señalización de acuerdo al tipo de vía permitan una consistencia en la velocidad.

9.4.3 Sección transversal de la vía

Se verificará que las estructuras de drenaje, servicios, iluminación, señalización, acomodación de peatones y ciclorrutas no interfieran ni creen amenazas para la seguridad de la vía.

Se identificarán los tramos donde los anchos de carriles, bermas, separadores, etc., cumplan con los estándares requeridos para el tipo de vía, el alineamiento, el tráfico, el tipo de vehículos, las velocidades de circulación, y las combinaciones de volumen y velocidad que sobre ella se presenten.

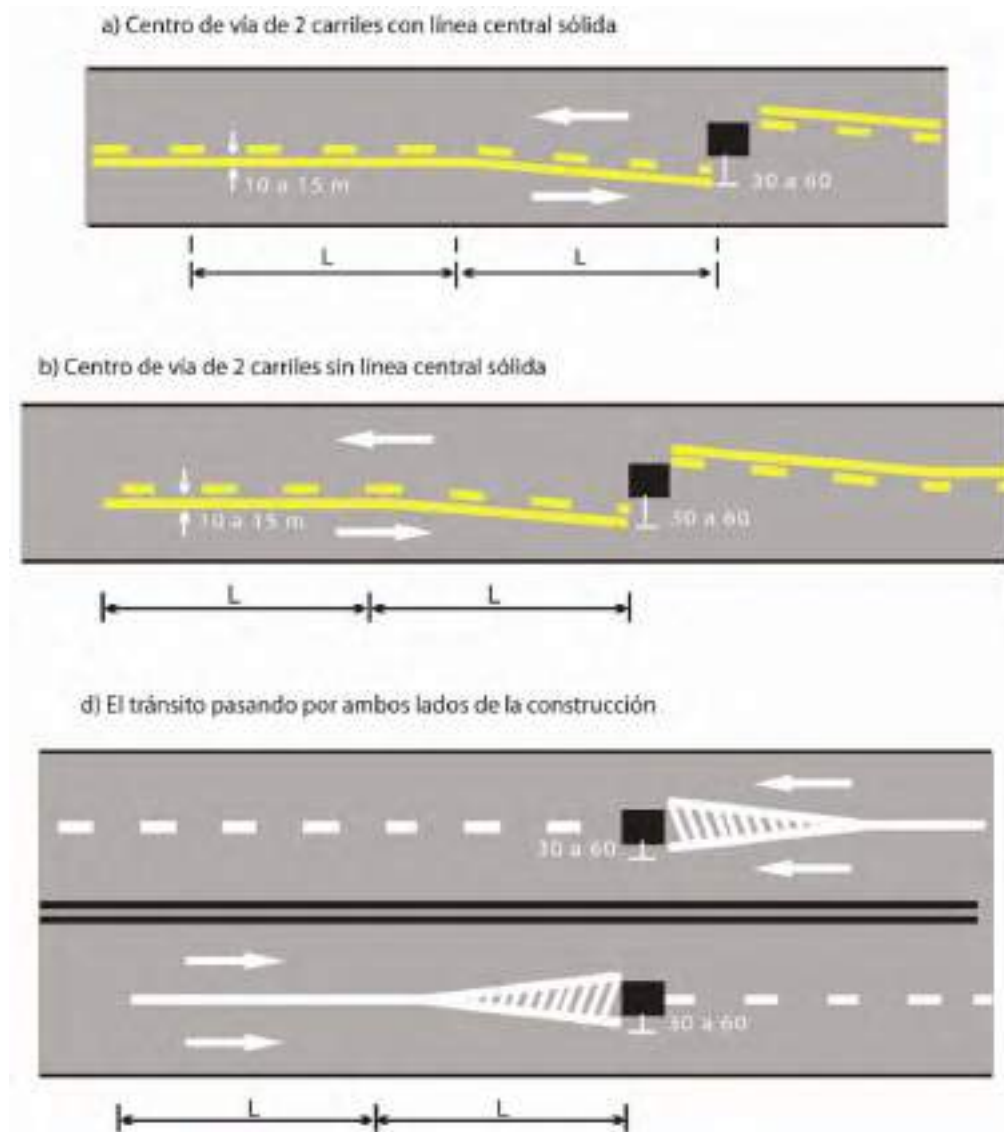
En las bermas y los costados de la vía, se comprobará si cuentan con protección o no, y su ancho es el ideal, y de la misma manera, si pueden ser utilizadas con seguridad por los ciclistas o vehículos de bajas velocidades.

Todo punto donde existan cambios en la sección transversal, por la ampliación o reducción de calzada o número de carriles será referenciado como punto singular, y se estudiará si las variaciones en la sección transversal pueden tener un efecto adverso para la seguridad de la vía, y de la misma manera que los dispositivos de control del tránsito que existen no creen condiciones inseguras. Por ejemplo, se verificará que los delineadores y las marcas sobre la vía indiquen adecuadamente los cambios en el alineamiento, y que los delineadores y el trazado de la vía serán adecuadamente reconocidos.

En caso de no existir dispositivos adecuados de control, se dispondrán de forma tal que el trazado de la vía se perciba adecuadamente, bajo toda condición de clima e iluminación. Los cruces ferroviarios, puentes y otros puntos que representen amenazas sobre la vía se identificarán de la misma forma; en el caso de puentes, la señal SP-36 se utilizará siempre que haya una reducción del ancho efectivo disponible de la calzada.

Desde el punto de vista de la ingeniería de tránsito, la presencia de estructuras laterales, como drenajes con funcionamiento o ubicación inadecuados en el área de la calzada, la berma o del área de despeje de la vía crea riesgos de accidentalidad ante el impacto; mediante el uso de delineadores de objetos se tiene que delatar su presencia, o mediante el uso combinado de delineadores y demarcación de aproximación a obstrucciones. Se tendrán que proteger con barreras de contención, de acuerdo con la necesidad.

Figura 161. Demarcación de aproximación a obstrucciones



Fuente: Manual de Señalización Vial, Colombia.

En caso de estructuras como los box culvert, que implican una reducción del ancho efectivo de la calzada, se utilizarán delineadores, marcas horizontales y una señal preventiva de reducción de calzada. Se observará también si los postes y demás instalaciones laterales que lo ameriten se encuentran protegidas del impacto, si restringen el paso de ciclistas y peatones y si en suma, constituyen un riesgo para la vida de los usuarios de la vía.

9.5 CONDICIONES DEL ENTORNO DE LA VÍA

A continuación se describen de forma breve algunas de las condiciones del entorno de la vía más relevantes y que afectan la operación de la vía, resumidas en dos grandes categorías: usos del suelo en torno a la vía y condiciones medioambientales.

- **Usos del suelo en torno a la vía:**

Si existen centros generadores de tráfico sobre la vía, como centros comerciales o zonas residenciales determinadas, o algún tipo de desarrollo urbanístico que afecta de forma muy influyente la operación de una vía, se requiere en primer lugar imponer restricciones de velocidad. Algunos de estos sitios especiales se muestran en la Tabla 70. También se verificarán los criterios de distancia de visibilidad sobre la vía.

Tabla 70. Sitios especiales y velocidad sugerida

IDENTIFICACIÓN DEL SITIO	VELOCIDAD (km/h)
Pasos por zonas urbanas y semi-urbanas	50
Paso por zonas recreacionales: balnearios, restaurantes, estaderos, sitios de atracción turística	50
Puentes angostos y cuellos de botella	40
Paso por zonas escolares	30
Curvas restrictivas y otros	Calcular

Fuente: Método para establecer límites de velocidad en carreteras colombianas. Universidad del Cauca, 2010.

- **Condiciones de seguridad medioambiental:**

Se considerarán todas las limitaciones a la operación que puedan presentarse debido al clima y otras restricciones naturales. Aquí se notarán en las visitas a campo si existen en la vía condiciones como vegetación densa, taludes rocosos muy empinados, los efectos del viento, niebla y si el diseño ha tomado adecuadamente bajo consideración estos aspectos.

En el caso de existir vegetación densa, es obligatorio que la vegetación no interfiera de ninguna manera en la superficie de la vía, esta situación no puede ser tratada con ninguna señal específica, en ninguna forma, y el mantenimiento debe ser de obligatorio cumplimiento.

Se señalará la presencia de taludes con riesgo de desprendimiento de material rocoso mediante el uso de la señal SP-42. Se aconseja que su uso sea complementado con el uso de una placa complementaria que indique la longitud en la cual el riesgo persiste.

Figura 162. Señal preventiva SP-42



Fuente: Manual de Señalización Vial, Colombia

El viento muy fuerte restringe obligatoriamente la circulación y crea riesgos. El Manual de Señalización Colombiano no tiene ninguna señal específica que advierta sobre la presencia de viento fuerte en la vía. La niebla que se presenta periódicamente en un tramo de vía restringe fuertemente las condiciones de visibilidad. Se sugiere en este caso imponer limitaciones de velocidad diferentes bajo condiciones de presencia y ausencia de neblina.

Se entiende que el funcionamiento inadecuado de los sistemas de drenaje, la presencia de cauces periódicos, temporales o estacionarios o condiciones topográficas y ambientales particulares pueda crear inundaciones en la vía en temporadas de lluvia. En caso que esta sea la situación, hay que advertir al usuario del riesgo de inundaciones en la vía. En el MSV Colombiano no hay una señal que advierta sobre la posibilidad de encontrar ese peligro en la vía. Una señal de este tipo ubicada en una vía de nuevo trazado sería inadmisibles, pero a nivel nacional hay muchas vías existentes que pueden presentar ese problema. En todo caso, la señalización que se implemente en ningún caso se entenderá como una solución a un problema que es solo rectificable mediante las debidas modificaciones en infraestructura.

Las vías cuyo trazado pasa cerca a las cabeceras de pistas de aeropuertos tendrán sobrevuelos de aviones a baja altura, los que pueden generar una fuerte distracción al usuario de la vía, siendo una amenaza para la seguridad. En el MSV Colombiano no hay señales que puedan advertir sobre esta situación en particular.

La presencia de luz solar al amanecer o al atardecer que creen problemas de visibilidad se deban considerar en el momento de señalar con cualquier tipo de señal o dispositivo, de forma que la visibilidad sobre el trazado de la vía y de los dispositivos se mantenga al máximo posible en condiciones críticas.

Otras condiciones pueden venir relacionadas con el paisajismo de la vía que puede restringir la operación por limitar la visibilidad, infraestructura de servicios básicos (electricidad, acueducto) en las inmediaciones de la vía, la presencia de sitios de parada predilectos (como miradores paisajísticos o atracciones turísticas) y los cambios de condiciones en la vía, como el paso de vía rural a urbana; o en general la presencia de cualquier elemento no citado y que genere amenazas a la seguridad vial. Para cada caso y su localización, se analizarán de forma particular las condiciones que justifiquen la implementación de medidas reglamentarias o restrictivas y los mensajes preliminares que sean necesarios.

10 SEÑALIZACIÓN NO INCLUIDA EN EL MANUAL COLOMBIANO

En este capítulo, se estudia la viabilidad de implementar normativas internacionales y algunas señales y dispositivos que son adaptables a nuestro medio y permitirían mejorar la señalización vial en Colombia. Por ello se hace la recopilación de algunas señales que no se encuentran en el Manual de Señalización Vial 2004 de Colombia, y que a la luz de las situaciones analizadas en el documento, y de acuerdo con su aplicabilidad, coherencia y concordancia se considera pertinente que sean tenidas en cuenta para la elaboración de futuras versiones del Manual de Señalización Vial para Colombia, y que permitirían mejorar y complementar su versión actual.

10.1 CEDA EL PASO

El manual centroamericano, sugiere algunas combinaciones en el mismo poste de la señal de Ceda el paso, con otras señales (Ver Figura 163), e incluso recomienda algunas variaciones a la señal estándar, para mejorar aumentar la información que se le está dando al usuario. (Ver Figura 164).

Figura 163. Combinaciones, señal de Ceda el paso adoptadas por el manual centroamericano.



Fuente: Elaboración propia con base en el Manual centroamericano

Figura 164 Variaciones a la señal de Ceda el Paso, manual centroamericano



Fuente: Elaboración propia con base en el Manual centroamericano

Ante una situación donde sea posible hacer un giro a la derecha con el semáforo en rojo o la posibilidad de efectuar un giro a la izquierda sin causar traumatismos en el tráfico ni riesgos para los usuarios, se sugiere siempre indicar la posibilidad de realizar estos giros mediante el uso de mensajes de texto que indiquen el su leyenda “GIRE A LA IZQ/DER CON PRECAUCIÓN”.

Es en varios países adoptado el criterio de señalizar con Ceda el paso las intersecciones a nivel con tranvías. Otra aplicación importante de la señal de Ceda el paso es la de proteger la vida de los peatones que hacen uso de una cebra o un cruce peatonal dispuesto en un trazado de vía en cual no es imperativo ubicar una señal de Pare; para ello se sugiere implementar variaciones al uso de la señal de “Ceda el paso” como las que se muestran en la Figura 165, incorporando mensajes de texto y otros pictogramas en tamaños agrandados, donde sea necesario llamar la atención del usuario de la vía sobre la necesidad de permitir el cruce a los peatones sobre los pasos para ellos autorizados.

Figura 165. Usos alternativos de la indicación de “Ceda el paso” o “Pare” en cruces peatonales.



Fuente: Elaboración propia, con base en dispositivos del MUTCD⁷⁶

⁷⁶ Señales R1-5, R1-6 y R1-6^a del MUTCD.

10.2 TRÁNSITO DE VEHÍCULOS PESADOS EN CARRILES ESPECIALES

En el manual centroamericano, se plantea el uso de la señal SR-17 o de su pictograma en combinación con mensajes de texto, como se muestra en la Figura 166, recomendando la instalación de estas señales al inicio de todas las pendientes superiores al 5%; adicionalmente, la señal cuyo texto dice “Carril de ascenso, camiones a la derecha” se puede colocar en el separador de autopistas en sitios selectos, en particular, en aquellos donde hay una tendencia a circular en el carril izquierdo a velocidades debajo del promedio normal de la corriente o de la velocidad que podría desarrollar un vehículo liviano circulando en condiciones normales.

En caso de que muchos conductores de vehículos pesados desobedezcan el mandato que viene dado por la señal SR-17 “Vehículos pesados a la derecha” se puede reiterar la obligación de usar el carril derecho mediante la señal “Tránsito lento use carril derecho”, ubicándola 75 m. después de la señal SR-17; de permitirlo las condiciones del sitio, también deberán colocarse señales en el lado izquierdo de la calzada o elevadas sobre los carriles rápidos, para reiterar el mensaje.

Figura 166 Señales del manual centroamericano para regular tráfico de camiones



Fuente: Manual centroamericano

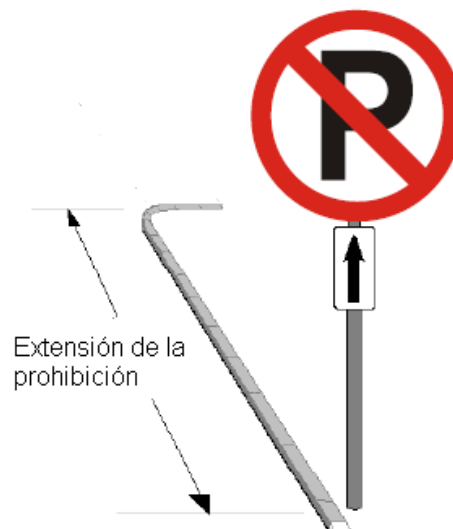
10.3 SEÑALES DE NO ESTACIONAR

Las señales SR-28 y SR-28A ubicadas por si solas no pueden en muchos casos transmitir la información completa de la naturaleza de la restricción, en el caso que la restricción no sea generalizada sino obedezca a unas condiciones específicas de tiempo, lugar, tipo de vehículo o cualquier tipo de condición inherente a la prohibición.

Se entiende por regla general, que si se ubica una señal de “Prohibido parquear” en una vía urbana, la prohibición se extenderá por toda la longitud de la cuadra. Para hacer un énfasis mayor sobre esta restricción, se puede utilizar un arreglo como el sugerido en la Figura 167. En vías urbanas donde la restricción aplique solo a una parte de la cuadra o en carreteras, la sola ubicación de la señal no indicará con mayor claridad la extensión de la restricción o sus condiciones particulares.

El MSV colombiano en su numeral 3.2.11 explica la forma de utilizar marcas de piso para indicar límites de estacionamiento, sin embargo no hay señales verticales especificadas en el MSV que indiquen que está permitido estacionar⁷⁷ y a las cuales sirva de complemento este tipo de marcas. De la misma forma es altamente recomendado complementar las señales SR-28 con marcas de piso adecuadas, que no dejen dudas al conductor sobre la extensión de la prohibición de estacionar en una determinada vía. Estas marcas pueden ser el dibujo de esta señal sobre el piso complementado con líneas. De la misma manera se recomienda la estandarización y normatización de este tipo de marcas por considerarse su uso altamente necesario.

Figura 167. Uso de señal de “Prohibido estacionar” con placa complementaria



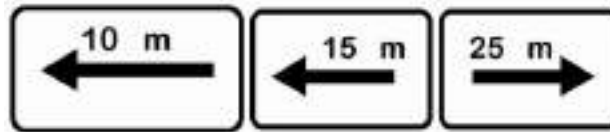
Fuente: Elaboración propia

La Norma española por su parte recomienda que las señales de prohibición de parqueo, se puedan complementar con placas que indiquen la cobertura de la

⁷⁷ Por la función complementaria del mensaje de una señal se entenderá que está permitido estacionar en todo sitio donde no se indique de manera explícita esta prohibición, o que se podrá estacionar si no aplica alguna restricción que acompañe a las señales de “Prohibido estacionar”.

prohibición (Ver Figura 168). Por otra parte, también se sugiere el uso de marcas complementarias sobre el piso que indiquen con total claridad los sitios donde aplica la restricción.

Figura 168 Placas como complemento a señal de prohibido estacionar



Fuente: Elaboración propia

10.4 ESPACIAMIENTO

Algunos manuales sugieren complementar la señal SR-44, para dar una información más completa al conductor, y que los criterios de separación mínima sean más objetivos (ver Figura 169); es decir, al conductor se le tienen que dar indicaciones más específicas sobre la separación que tiene que mantener con el vehículo que circula al frente, sea por el conteo de un número de marcas visibles sobre el piso o por la indicación de la distancia de separación que éste tiene que conservar. En la Figura 170 se observa el uso que hace la Norma española de dicha señal reglamentaria, con la leyenda explícita de la separación mínima a mantener por parte de los conductores, tal como se observa

Figura 169. Señales complementarias a las de espaciamiento.



Fuente: Elaboración propia, con base en el Manual centroamericano

Figura 170 Señal de separación entre vehículos

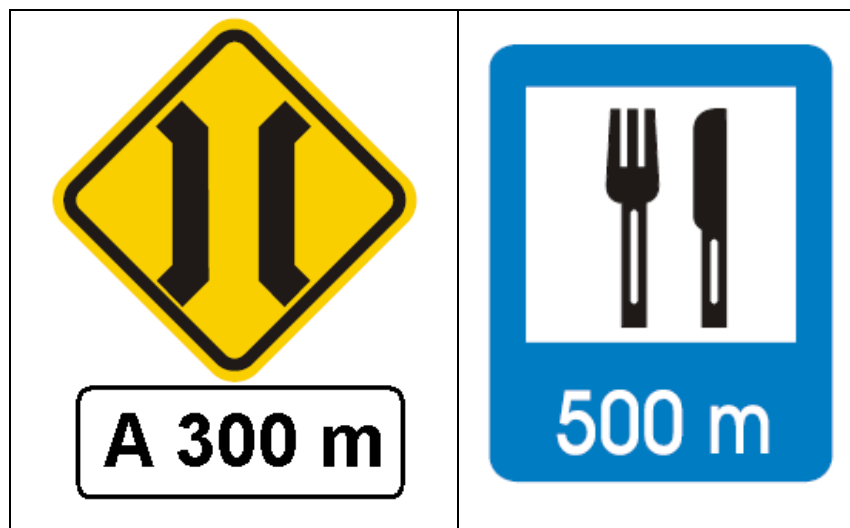


Fuente: Norma española

10.5 INDICACIÓN DE DISTANCIAS Y LONGITUDES

Al colocar placas suplementarias en señales preventivas o reglamentarias, es fundamental que el usuario pueda diferenciar con total claridad entre dos situaciones diferentes: una situación que se encuentra a una distancia indicada, y una situación que se extiende a lo largo de una situación indicada. La indicación de la distancia de ubicación se recomienda como complemento para la mayoría de señales preventivas e informativas; se muestran dos ejemplos de indicaciones de distancia en la Figura 171.

Figura 171. Texto complementario de indicación de distancia en señales



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la indicación de la longitud de extensión es pertinente para señales reglamentarias, indicando la longitud para la cual aplica una restricción

determinada. Para señales preventivas del tipo A (sin ubicación específica) también conviene su utilización, indicando una longitud en la que se le recomienda al conductor permanecer alerta sobre la presencia de algún tipo de riesgo; en la Figura 172 se muestran ejemplos del uso de placas complementarias de indicación de longitud.

Figura 172. Indicación de longitudes en texto complementario



Fuente: Elaboración propia

Como se ha observado en las figuras anteriores, se puede hacer uso de mensajes de texto cuya extensión puede resultar relativamente larga, con la ventaja de no tener ambigüedad en el mensaje que transmiten. Sería preferible el uso de simbolismos (como el uso de la flecha para indicar una longitud), pero toma algo de tiempo para el usuario familiarizarse con el significado correcto del mensaje de la señal.

10.6 SEÑALIZACIÓN DE DESCENSO O ASCENSO

En el MSV colombiano sólo se considera la señalización del descenso peligroso, mas no de la situación complementaria a ésta que sería el ascenso prolongado para un usuario que circula en sentido contrario. En otros manuales se hacen otras recomendaciones sobre el manejo de este tipo de señales; en el pictograma se utilizan bicicletas, vehículos o camiones según sea el tipo de usuario más frecuente sobre la vía, como se muestra en la Figura 173 y en la Figura 175. Otros manuales como el británico señalizan un descenso o un ascenso generalizado, indicando en números enteros el porcentaje de la pendiente (ver Figura 174).

Figura 173. Señalización de ascenso y descenso utilizada en el Manual de Chile



Fuente: Manual de señalización vial, Chile.⁷⁸

Figura 174 Señalización de ascenso y descenso utilizada en el manual británico⁷⁹



Fuente: Manual británico

Figura 175. Señalización de ascenso y descenso utilizada en el manual centroamericano.



Fuente: Manual centroamericano

⁷⁸ Códigos asignados a las señales en el Manual Chileno

⁷⁹ Indicaciones de los letreros: “Mantenga su marcha en un cambio bajo” y “Cambio bajo por 1 ½ millas”

Se recomienda para Colombia, implementar una señal que informe de un ascenso prolongado, con el mismo diseño que el que tiene la señal de descenso peligroso. Modificar el pictograma no resultaría estrictamente necesario, pero se puede pensar en la posibilidad de adaptarlo de acuerdo al tipo de vía que se quiere señalar (por ejemplo, para señalar un tramo de pendiente pronunciada en una ciclorruta no tendría sentido utilizar la señal SP-27 con un camión en un pictograma).

El pictograma utilizado por los británicos tiene la ventaja de ser genérico al no incluir un vehículo en su pictograma y de transmitir información que puede ser útil al usuario, ya que le permite hacerse una idea del grado de inclinación de la pendiente a la cual se aproxima y maniobrar en consecuencia a ello.

Se pueden complementar las señales además con una placa que indique la longitud que tiene esa pendiente, es un dato que también resultará de bastante utilidad a los usuarios de la vía; en el caso de la señalización de un descenso, el manual chileno recomienda que si las longitudes de pendiente en descenso exceden los valores indicados en la Tabla 71, se indicará al conductor que no haga uso de sus frenos sino de las combinaciones de la caja de cambios en el motor para no exceder cierta velocidad sugerida o límite en el descenso.⁸⁰ Se podrá utilizar el mensaje “BAJE CON MOTOR ENGRANADO” en el caso de Colombia, por ejemplo.

Tabla 71. Longitudes críticas de pendiente en descenso

Pendiente (%)	Longitud (m)
6	2000
7	1200
8	800
9	600
10	520
> 11	480

Fuente: Manual de señalización vial, Chile

⁸⁰ En otros países de habla hispana esta acción recibe el nombre de “encadenar el motor”, frenar con motor.

10.7 SP-28 A SP-30. REDUCCIONES DE ANCHO DE CALZADA

Estas señales se emplearán para advertir al conductor la proximidad a una reducción en el ancho de la calzada, pudiendo ser esta reducción de número de carriles o de las dimensiones de la calzada, tal como se aprecia en la Figura 176. El inconveniente que presenta el uso de esas señales es que no transmite información adicional al usuario sobre el tipo de reducción que se puede encontrar.

Figura 176 Señales preventivas de reducción de calzada



Fuente: Elaboración propia.

La norma española, da las siguientes recomendaciones específicas para la utilización de este tipo de señales: el final de un carril adicional para circulación lenta se señalizará mediante una señal S-52, a 300 m antes de la sección en que el carril adicional tiene 1,5 m de ancho; 100 m antes de dicha sección se colocará una señal P-17^a. Ver Figura 177. Señal tipo de indicación de reducción de carriles.

Figura 177. Señal tipo de indicación de reducción de carriles



S-52

Fuente: Norma española

También recomienda, que en carreteras con calzadas separadas, se preseñalice el final de un carril mediante señales S-52, dispuestas a ambos márgenes de la vía, 300 m. y a 500 m. antes de la sección en que el carril adicional tiene 1,5 m de ancho; 100 m. antes de dicha sección se colocará una señal P-17.

Se recomienda para Colombia la implementación de señales como la mostrada en la Figura 177, que tienen la ventaja de suministrar información adicional y de mucha utilidad al usuario en caso de que haya una reducción efectiva del número de carriles de circulación sobre la calzada, como complemento a las señales SP-28, SP-29 o SP-30.

10.8 SEÑAL DE CRUCE PEATONAL

La señal mostrada en la Figura 178, se utiliza en España para indicar todo sitio en el que está autorizado el cruce de peatones. El pictograma es mucho más indicativo que el que aparece originalmente en la señal SI-24, e inspira mucho más respeto en los conductores que un pictograma sin las indicaciones de cebra y la perspectiva de la vía.

Otro tipo de arreglo bastante sugerido para incrementar la atención sobre cruces peatonales es el uso de flechas bajo las señales informativas o preventivas correspondientes, como se muestra en la Figura 179; en caso de necesitar resaltar aún más la atención sobre el cruce, se recomienda el uso de dispositivos como los mostrados en la Figura 165.

Figura 178. Señal de cruce de peatones utilizada en España.



Fuente: Norma 8.1-IC

Figura 179. Ejemplo de paso peatonal en una bocacalle de glorieta.



Fuente: MUTCD

10.9 LÍMITES DE VELOCIDAD

Como se mencionó en el numeral 7.1, es una práctica común en otros países del mundo establecer restricciones de velocidad diferentes a las de velocidad máxima. El manual centroamericano considera casos especiales para imponer límites de velocidad, fuera de la velocidad máxima, por ejemplo, cuando se quiere limitar la velocidad de vehículos pesados, restringir la velocidad de noche o bajo condiciones de neblina. Las señales que este manual (a su vez adoptadas de versiones existentes en el MUTCD) utiliza para estas restricciones se muestran en la Figura 180.

Figura 180. Señales para las restricciones diferenciadas de velocidad máxima utilizadas por el Manual Centroamericano



Fuente: Manual centroamericano

La restricción de velocidad máxima para vehículos pesados deberá emplearse cuando por razones de seguridad las condiciones geométricas de la carretera obligan a que éstos circulen a velocidades más bajas que el resto de la corriente vehicular, por ejemplo en vías con pendientes descendientes pronunciadas.

De igual manera, plantea el manual que en algunas vías la carencia de iluminación artificial, de dispositivos reflectivos y el desgaste normal de las marcas sobre el pavimento ocasionan que en horas de la noche se produzca una reducción efectiva de la distancia de visibilidad de parada, por ello resulta peligroso mantener, en la noche, la misma velocidad máxima que durante el día. Debe tenerse en cuenta que con iluminación artificial el conductor pierde 6 m de visibilidad por cada 15 km/h de incremento en la velocidad⁸¹, es por esto que se puede justificar un límite de velocidad en vías donde las condiciones de visibilidad nocturnas son bastante limitadas.

Las otras señales se emplean cuando la falta de iluminación o las condiciones climáticas (lluvia, neblina, viento) hacen peligroso circular a la velocidad máxima que sí sería segura en condiciones normales o favorables. Por ejemplo, se utiliza la reducción de velocidad por lluvia si los drenajes superficiales no funcionan adecuadamente, de no ser así, es decir, cuando los drenajes superficiales funcionen de forma adecuada o se corrija el defecto que presentaban, se empleará un solo límite de velocidad. (El coeficiente de fricción para el diseño ya ha sido calculado teniendo en cuenta la rodadura sobre pavimento húmedo).

⁸¹ Manual centroamericano, Cap. 2, numeral 2.2.5.1, pag. 2.43

A no ser que los impactos de las condiciones climatológicas sean demasiado fuertes o significativos, **se recomienda mantener un único límite** de velocidad sobre la vía.

Otro tipo de límite de velocidad aplicable es la limitación de velocidad mínima. Al respecto, afirma el manual centroamericano lo siguiente:

“(...) Cuando un estudio de ingeniería de tránsito determine que los conductores que circulan demasiado lento impiden el flujo normal y razonable del tránsito, o aumentan el riesgo de colisiones entre vehículos circulando por el mismo carril, se deberá instalar una señal que fije una velocidad mínima.

El imponer una restricción a la velocidad mínima a la que se puede circular en una autopista es importante desde el punto de vista de seguridad vial, ya que si existen diferenciales de velocidad muy grandes entre los vehículos que viajan en la misma dirección, los conductores que circulan más rápido percibirán erróneamente la distancia que los separa con los vehículos más lentos, produciéndose así el riesgo de colisiones por detrás entre vehículos que circulan en un mismo carril, usualmente con consecuencias mortales debido a la alta velocidad a la que se transita en una autopista.”

Otras limitaciones complementarias para esta medida son la limitación de velocidades mínima y máxima o la limitación de velocidad máxima por carril, como una medida complementaria a la fijación de una velocidad mínima. En la Figura 181 se muestra un ejemplo de señalización de velocidad mínima.

Figura 181 Ejemplos de señalización para velocidad mínima



Fuente: Elaboración propia

Es importante resaltar que los valores de velocidad deben seleccionarse acorde con las condiciones prevalecientes en el sitio y con cuidado de no violar la expectativa de los conductores.

En conclusión, se recomienda la limitación diferenciada de velocidad para flujos de tráfico como camiones, y bajo condiciones especiales de visibilidad, así como la implementación del límite mínimo de velocidad para las vías colombianas.

La señal de fin de límite de velocidad aunque se utiliza en muchos países, es innecesaria para el contexto colombiano, la finalización de todo tramo con un límite determinado de velocidad dará lugar a otro tramo con un nuevo límite de velocidad, y esa será la forma de darle a entender al usuario que puede circular a una velocidad mayor de la que se indicaba en un tramo anterior.

Otras señales que existen en los manuales de Estados Unidos y Canadá, son las señales preventivas de límite de velocidad (ver Figura 182), para las cuales podría evaluarse la conveniencia de su uso e implementación para Colombia.

Figura 182. Señales preventivas de límite de velocidad

Estados Unidos	 W3-5 W3-5a
Canadá	 W-28 (75X75)
Alternativa propuesta para Colombia	

Fuente: Elaboración propia, con base en dispositivos del MUTCD y el Manual canadiense.⁸²

10.10 INTERSECCIONES EN CURVAS

En este numeral se ilustra qué posibilidades existen para señalizar casos en los que hay intersecciones o desvíos sobre la curva de una vía principal.⁸³ Para ello sería útil emplear una señal como la que se muestra en la Figura 183, que no existe en la actualidad en el Manual de Señalización colombiano.

⁸² La señal en el costado inferior de la figura se elaboró a modo de señal sugerida para Colombia, con base en los dispositivos que se muestran en la misma figura y que se utilizan en Estados Unidos y Canadá.

⁸³ Por ello no aplicaría el manejo que recibiría una intersección en "T".

Como ejercicio se puede considerar el siguiente caso: En la Figura 184 se observa la imagen de una vía cuyo trazado describe una curva pronunciada a la izquierda, y hay una vía secundaria a esta que continúa en línea recta. En la Tabla 72 se describen las posibilidades que se tendría para señalizar esta intersección mostrada utilizando la señalización vial existente. Como se observa en las posibilidades de señalización que se describen en esta tabla, ninguna de ellas puede describir con la precisión suficiente la situación que se evidencia en la curva, salvo la tercera posibilidad.

En la Figura 185 se muestra otra posible variación para la señal mostrada en la Figura 183, el uso de esta señal posee la ventaja de poder tener muchas posibilidades de combinar sus elementos para así transmitir un mensaje claro a los usuarios de la vía sin necesidad de recurrir a un número mayor de señales, una solución que además de ser más costosa es menos eficaz en la transmisión del mensaje correcto. Se sugiere igualmente en varios manuales consultados hacer uso de esta señal, que se obtiene al unir los pictogramas utilizados en la señal de curva pronunciada y la señal de vía lateral o bifurcación.

Figura 183. Ejemplo de señales utilizadas para indicar una curva con intersección de una vía lateral a nivel



Fuente: Manual Centroamericano y manual británico

Figura 184 Vía principal girando a la izquierda, con vía secundaria que sigue en línea recta



Fuente: Imagen tomada de la firma Nuggets & Nibbles (USA)

Tabla 72. Posibilidades de señalización en el cruce mostrado

Posibilidad		Observaciones
1		El mensaje es confuso, no hay una vía que se bifurque hacia la derecha. Además, implica que la vía principal continúa en dirección recta, lo que no es así.
2		Esta combinación tendría más sentido que la anterior, pero tampoco es correcta. La señal de bifurcación en “Y” implica que no hay alguna carretera de mayor jerarquía que la otra, lo que es incorrecto.
3		Este signo es el que más claramente transmite la información sobre las condiciones en la intersección. Manejando el grosor de las líneas se puede transmitir aún más información sobre la jerarquía y los volúmenes de tránsito de las vías principal y secundaria.

Fuente: Elaboración propia con base en información de la publicación “Nuggets and Nibbles”

Figura 185 Terminación de vía secundaria en intersección con curva de vía principal



Fuente: Imagen tomada de la firma Nuggets & Nibbles (USA)

10.11 PREVENCIÓN EN CURVAS PELIGROSAS

El manual canadiense sugiere 7 diferentes niveles de prevención de curvas peligrosas:

- Nivel 1: Se coloca exclusivamente la señal de curva correspondiente.
- Nivel 2: Se añade una placa de velocidad sugerida.

En el numeral 7.6.1 del presente documento, se hace la respectiva recomendación en curvas hasta el nivel 2 de atención. En lo sucesivo, se puede pensar en las siguientes medidas, si su uso las justifica, y que se explican en los niveles del 3 al 7:

- Nivel 3: Se advierte acerca de la necesidad de reducir la velocidad. Para el contexto colombiano se pueden utilizar mensajes con la leyenda “CURVA PELIGROSA REDUZCA SU VELOCIDAD”

- Nivel 4: Se resalta la necesidad de reducir la velocidad. Para el contexto colombiano se puede hacer uso de la velocidad reglamentaria sumada el mensaje anterior, llamando así más la atención del conductor.

En los niveles posteriores, del 5 al 7, se utilizarán señales elevadas (ver Figura 186) en vías de montaña con accidentalidad elevada y donde se cumpla alguno de los requisitos que justifica la instalación de señales elevadas en la vía.

- Nivel 5: Se utiliza una señal elevada tipo bandera con la señal preventiva correspondiente y la velocidad sugerida.
- Nivel 6: Se ilumina la señal elevada.
- Nivel 7: Se dota a la señal elevada de luces intermitentes que llamen al máximo la atención del conductor sobre la misma.

Se consideran los criterios anteriores como de pertinencia elevada para ser aplicables en las vías nacionales colombianas, muchas de ellas siendo vías de montaña donde se mueve mucho tráfico de carga.

Figura 186. Uso de señales elevadas en una curva peligrosa



Nivel 5: Uso de señal elevada

Nivel 6: Uso de señal elevada y con iluminación especial

Nivel 7: Uso de señal elevada con luces intermitentes

Fuente: Elaboración propia, con base en dispositivos del manual canadiense

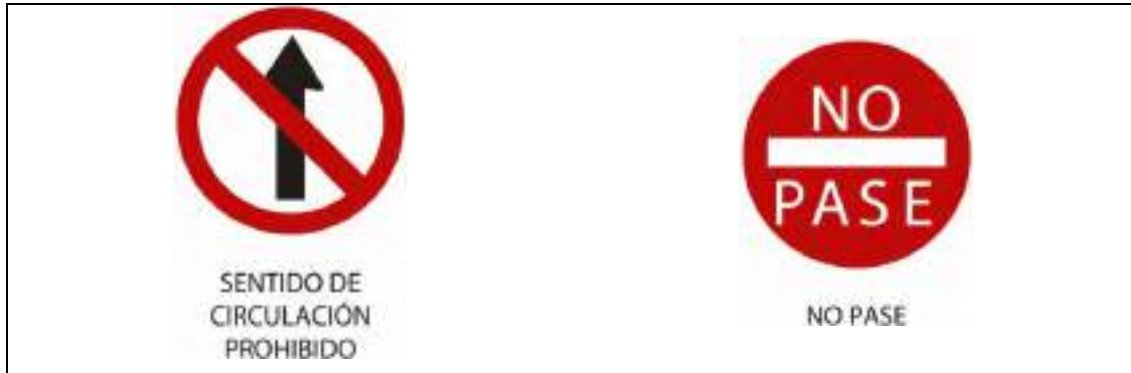
10.12 SENTIDO DE CIRCULACIÓN PROHIBIDO

Como complemento a la señal de “No pase” se debería utilizar la señal de “Sentido de Circulación Prohibido” (Figura 187) en vías donde pese al uso de la señal SR-04, el diseño geométrico de la intersección no puede físicamente impedir o restringir el acceso. Se consideran las dos señales en la Figura 187 complementarias, porque la señal de “No Pase” sólo puede ser instalada en una bocacalle, dada la naturaleza de su mensaje.

La señal de “Sentido de circulación prohibido” se instalará a ambos costados de la vía para adicionar énfasis a su mensaje, de cara al tráfico que pudiera ir en contravía, y a corta distancia de la señal de “No pase”, se forma que ambas sean visibles simultáneamente y se refuerce el mensaje. Al ser complementarias, y no

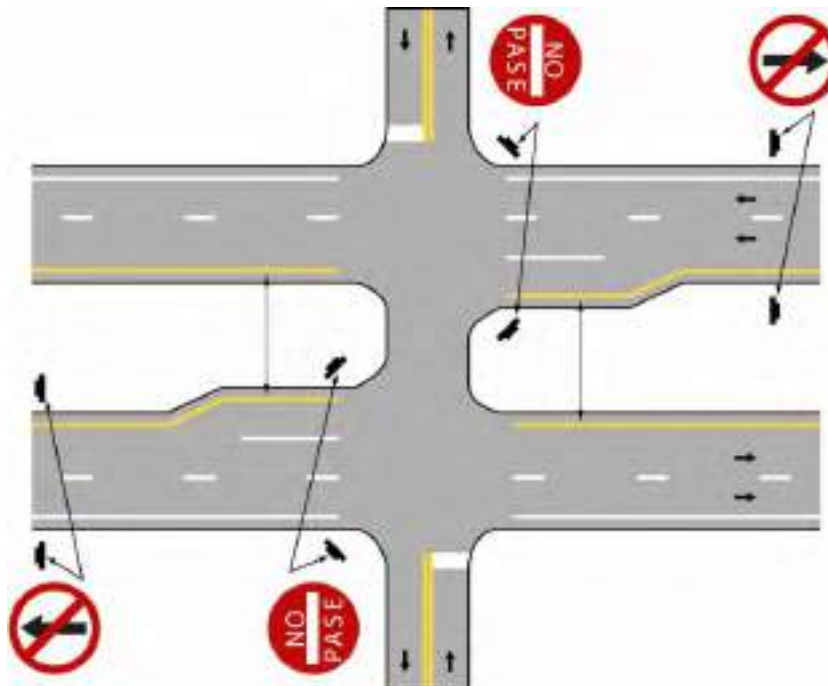
mutuamente excluyentes, se recomienda la inclusión de la señal de “Sentido de Circulación Prohibido” en futuras ediciones del Manual de Señalización de Colombia, al ser de fácil entendimiento y de universal aceptación. En la Figura 188 se muestra un ejemplo para la disposición de estas señales.

Figura 187 Señales utilizadas para regular la circulación en contravía



Fuente: Elaboración propia

Figura 188. Ejemplo de ubicación de señales reglamentarias de circulación en contravía



Fuente: Elaboración propia con base en recomendaciones indicadas por el MUTCD

10.13 MANEJO DE INTERSECCIONES A NIVEL

Para indicar la trayectoria principal en una intersección, la Norma española recomienda la colocación de señales de bifurcación sobre la misma en función de la geometría del cruce (ver Figura 189 y Figura 190). Se recomienda la instalación con 25 a 50 m de anticipación al punto de cruce en vías urbanas, con 200 m. en carreteras convencionales con berma de ancho superior a 1,5 m. y con 150 m. de anticipación en carreteras convencionales con berma de ancho inferior a 1,5 m. En vías urbanas, con cruces frecuentes y configuración de red, o en vías que tienen ausencia de intersecciones en un tramo prolongado y la velocidad de aproximación inferior a 50 Km/h, se podrá prescindir del uso de las señales de cruce.

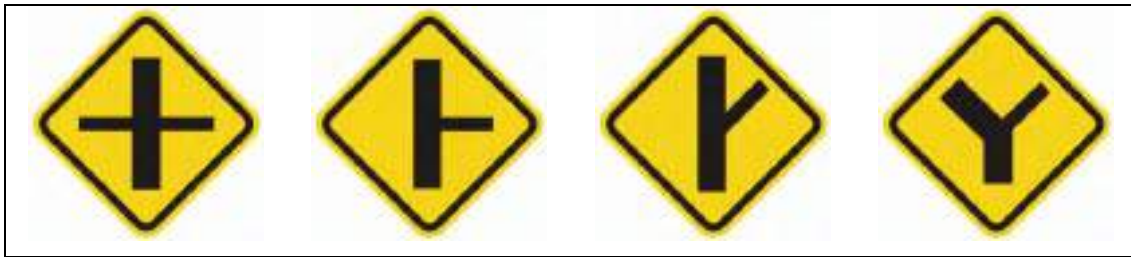
Se destaca en las señales de la Figura 189 y la Figura 190 el hecho de recurrir a una línea de mayor grosor que la otra para indicar con total claridad la trayectoria principal, algo de lo que hasta ahora adolece el Manual de Señalización Vial colombiano; la implementación de líneas de grosor diferenciado en las señales preventivas de cruce es ampliamente recomendado. Ver sugerencia en la Figura 192.

Figura 189 Algunas señales preventivas de vía lateral o intersección, utilizadas en España



Fuente: Norma 8.1 I.C de España

Figura 190 Algunas señales preventivas de vía lateral o intersección utilizadas en México



Fuente: Imágenes extractadas del manual mexicano

A continuación se formulan recomendaciones específicas para cada señal existente:

- SP-11: Se colocará la señal en los cuatro accesos a las intersecciones, la trayectoria principal tiene que estar claramente definida, y puede ser en forma de línea recta o describiendo una “L” en cualquier sentido, lo que se hará notar al usuario mediante el manejo del grosor de las líneas.
- Intersecciones en “T”: Se aplicará el mismo criterio para las señales SP-12, SP-13 y SP-14, en donde corresponda, ver ejemplo en Figura 191.
- Bifurcaciones, cruces en “Y”: Si ambas trayectorias fueran de importancia similar, los grosores de las líneas serán iguales; de lo contrario se definirá una trayectoria principal y se indicará con el grosor de las líneas.

Figura 191. Ejemplo de uso de señales preventivas (modificadas) para indicar el curso de la vía principal en una intersección en “T” no convencional.



Fuente: Elaboración propia

Figura 192. Ejemplo de modificaciones sugeridas a los pictogramas de las señales preventivas de cruce o bifurcación



Fuente: Elaboración propia

10.14 RESTRICCIONES DE ADELANTAMIENTO

Como se indicó en el numeral 5.5 del presente documento, el MSV colombiano no dispone de señales que permitan al usuario conocer el fin de una zona de prohibición de adelantamiento; lo anterior es de importancia fundamental a fin de facilitar la aplicación de la ley por parte de los agentes del tránsito, y no dejar esta indicación exclusivamente como una función de la línea amarilla, que como se ha recomendado, debería ser de un carácter exclusivamente informativo.

En la Figura 193 se muestran las señales de fin de prohibición de adelantamiento que se utilizan en España y en Chile; en la Figura 194 se muestra un diseño sugerido para una señal contraria a la de “Prohibido adelantar”. Hay que tener en cuenta que en Europa, las señales que prohíben adelantar no tienen la línea diagonal que sí es utilizada en el contexto americano de señalización. Por eso se sugiere su uso complementado mediante el mensaje de texto que indique “CON PRECAUCIÓN PERMITIDO ADELANTAR”.

En la Figura 195 se muestra la forma utilizada en España para indicar una zona de preaviso de prohibición de adelantamiento mediante el uso de marcas de piso. El concepto de “zona de preaviso” se considera de bastante importancia para la seguridad vial, ya que posibilita al conductor que efectúa una maniobra de adelantamiento cesarla de forma gradual y no de forma abrupta como ha de hacerse cuando no existe esta indicación para el usuario de la vía. En la Figura 196 se muestra un ejemplo de implementación de zonas de preaviso para carreteras colombianas.

Figura 193. Señales de fin de restricción de “Prohibido adelantar”



España

Chile

Fuente: norma española y manual chileno.

Figura 194. Ejemplo de una señal de “Permitido adelantar”⁸⁴



Fuente: Elaboración propia

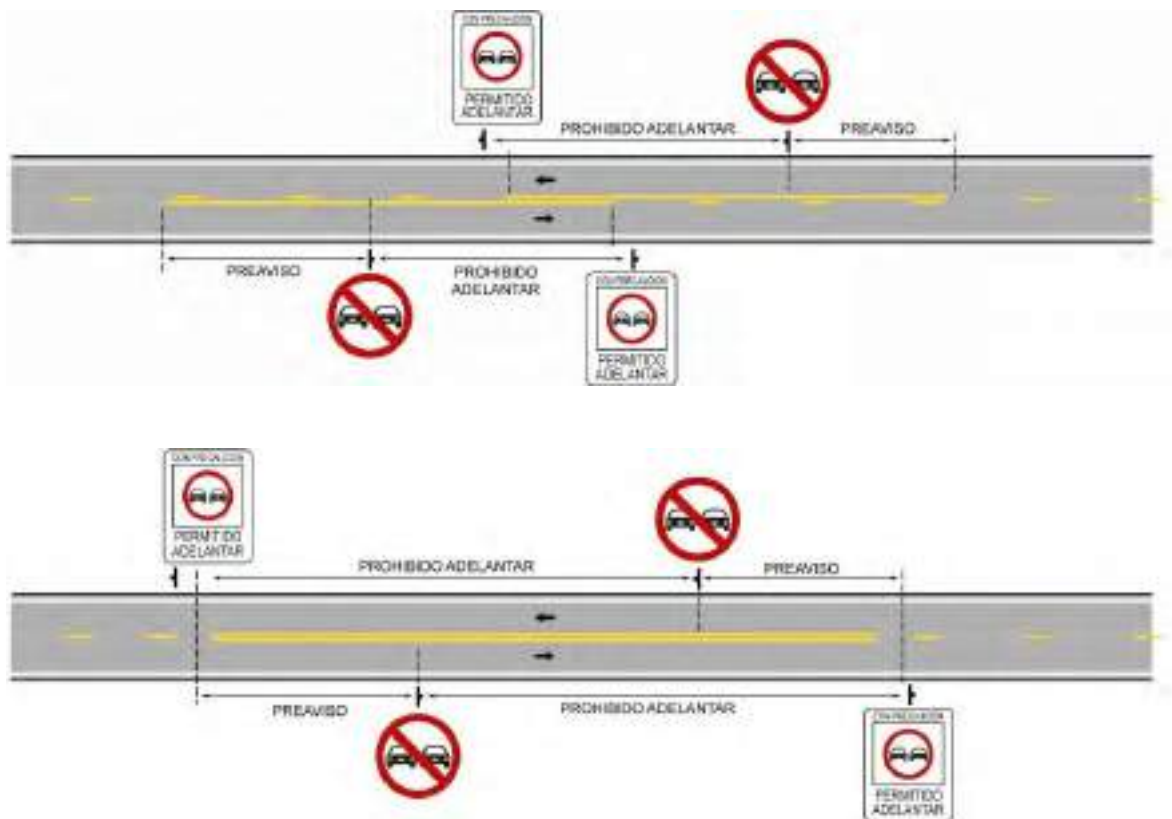
Figura 195. Ejemplo del uso de flechas en una zona de preaviso.



Fuente: Norma 8.2-IC de España

⁸⁴ Se elaboró la señal a modo de señal sugerida para futuros Manuales de Señalización Vial en Colombia.

Figura 196. Implementación de zonas de preaviso para carreteras colombianas



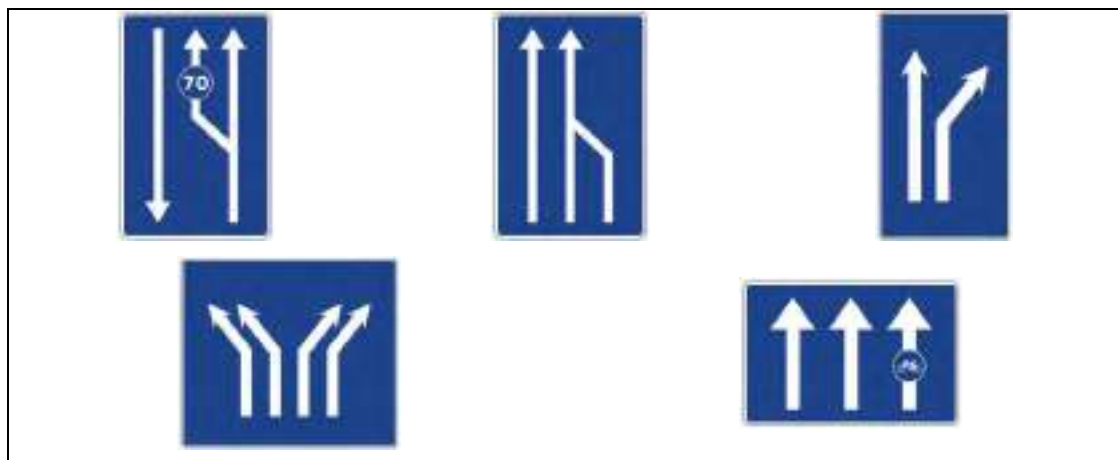
Fuente: Elaboración propia

10.15 SEÑALES DE INDICACIÓN DE CARRILES

En la Figura 197 se muestran señales de uso en España para dar indicaciones pertinentes a carriles en caso de reducción de calzada, bifurcaciones o desvíos, o reglamentación específica por carril (como uso exclusivo o velocidad limitada al carril). Se recomienda evaluar la conveniencia del uso de señales informativas de este tipo para Colombia, como se muestra en la Figura 198.

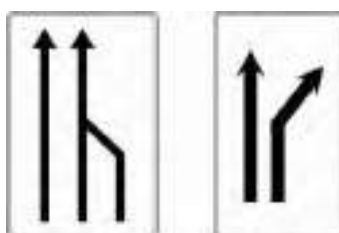
Otro ejemplo de indicación de carriles se muestra en la Figura 199, donde se observa cómo en el manual canadiense se utilizan señales preventivas para informar al usuario sobre cambios en la sección de la vía por la que circula.

Figura 197. Ejemplo de señales de indicación de carriles en España



Fuente: norma 8.1-IC de España

Figura 198. Señales de indicación de carriles aplicables para carreteras colombianas



Fuente: Elaboración propia

Figura 199. Ejemplo de señales preventivas de indicación de carriles, Canadá.



Fuente: Manual de dispositivos para el control de tránsito, Canadá

10.16 PELIGRO EN LA VÍA

En muchos países por regla general se utiliza la señal mostrada en la Figura 200. Se recomienda su utilización en lugar de la señal SP-67 del actual manual, ya que es de carácter más genérico y llama más la atención sobre el usuario acerca de una situación que genere un riesgo de accidente. Además, un riesgo de choque entre vehículos no es el único riesgo o el único tipo de accidente que se puede presentar sobre una vía.

Cabe reiterar, que el uso de este tipo de señal debe ser transitorio y que se deben corregir los aspectos de la vía que generan algún riesgo para el usuario a la mayor brevedad posible, ya que la señal por sí sola no educirá el riesgo de que ocurra un accidente, sólo se limita a advertir al usuario de la vía de una situación potencialmente peligrosa.

Figura 200. Señal de advertencia de peligro



Fuente: Manual de Señalización Vial de Chile, con modificaciones propias.

10.17 OTRAS SEÑALES

A continuación se muestran otras señales utilizadas en diversos países para señalar situaciones no contempladas en el manual colombiano:

- Vuelo de aviones a baja altura

Esta señal es apta para ser ubicada en carreteras cuyo trazado coincide con las cabeceras de pistas de aeropuertos o aeródromos, donde el ruido y el recorrido de una aeronave pueden distraer seriamente a un conductor.

Figura 201. Sobrevuelo de aviones a baja altura



Fuente: Imagen extraída del manual chileno

- Viento fuerte en la vía

Figura 202. Señales para indicar presencia de viento fuerte en la vía



España



Chile



Gran Bretaña

Fuente: Elaboración propia, con dispositivos extractados de los manuales de los respectivos países.

- Riesgo de congestión

Se ubicará esta señal en tramos que presenten registro histórico de congestión en la circulación. El uso de señalización dinámica potencializa el uso apropiado de esta indicación a los conductores.

Figura 203. Señales para indicar riesgo de congestión en la vía



Gran Bretaña

Centroamérica

Fuente: Elaboración propia, con dispositivos extractados de los manuales de los respectivos países.

- Sentido de circulación contrario con prioridad

Se utilizará en lugares como puentes angostos donde solo haya espacio para la circulación de un solo vehículo a la vez, y se indicará a los conductores que los vehículos que circulan en sentido opuesto tienen prioridad de paso.

Se instala en puentes estrechos, angostamientos de calzada, entre otros lugares. Se recomienda su uso con la leyenda “PREFERENCIA AL SENTIDO CONTRARIO”.

En caminos de montaña con calzadas angostas se puede usar con la leyenda “PREFERENCIA AL TRANSITO QUE SUBE”, para asignar el derecho preferente de vía a los vehículos que suben.

Figura 204. Señales para reglamentar la prelación al sentido contrario de circulación



Gran Bretaña

Chile

Fuente: Elaboración propia, con dispositivos extractados de los manuales de los respectivos países.

- Curvas con ángulo de deflexión superior a 90°

Su uso se requiere en vías de montaña que presentan curvas muy cerradas.

Figura 205. Señales para advertir sobre curvas con ángulos de deflexión cercanos a 180°.



CURVA MUY
CERRADA A LA
DERECHA

CURVA MUY
CERRADA A LA
IZQUIERDA

Fuente: Imágenes extractadas del manual chileno

- Limitaciones adicionales de circulación para camiones

Para establecer regulaciones al tránsito de camiones por su longitud o su peso por una determinada vía.

Figura 206. Limitaciones adicionales de circulación para camiones.



LARGO MÁXIMO
Chile

(Límite de peso)
Estados Unidos

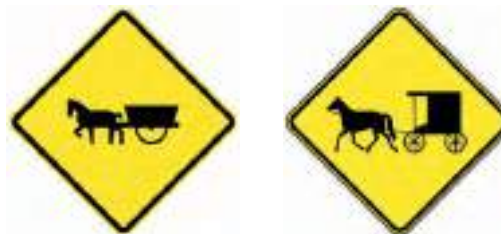
Fuente: Elaboración propia, con dispositivos extractados de los manuales de los respectivos países.

Se pueden utilizar estas señales ante la presencia de ciertas características de diseño de la vía que impidan la circulación de vehículos de cierto peso por categoría o de dimensiones de longitud específicas, algo que está parcialmente limitado dentro de las restricciones que contempla el Manual colombiano.

- Prevención de la presencia de vehículos de tracción animal sobre la vía

Se ubicará esta señal donde la presencia de estos vehículos sea significativa o frecuente, y por lo tanto ellos hagan parte integral del tráfico de un sector determinado.

Figura 207. Señales preventivas de presencia de vehículos de tracción animal sobre la vía



Chile

Canadá

Fuente: Elaboración propia, con dispositivos extractados de los manuales de los respectivos países.

- Presencia de jinetes sobre la vía

Figura 208. Señal preventiva de presencia de jinetes sobre la vía.



Canadá

Fuente: Imagen extractada del manual canadiense.

- Usuarios con movilidad reducida sobre la vía

Figura 209. Señal preventiva de usuarios con movilidad reducida sobre la vía o en sus inmediaciones.



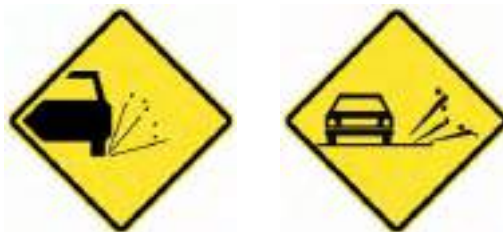
Canadá

Fuente: Imagen extractada del manual canadiense.

- Gravilla sobre la vía

De utilidad para señalar sitios que presentan desprendimientos de material rocoso en talud o sitios cercanos a la vía donde se lleven a cabo actividades de minería, y donde por lo tanto pueda haber presencia de material granular rocoso sobre la superficie de la calzada, lo que obliga a circular con precaución.

Figura 210. Señales preventivas de gravilla sobre la vía



Chile

México

Fuente: Elaboración propia, con dispositivos extractados de los manuales de los respectivos países.

- Desnivel severo en la berma o al costado de la vía

En caso de existir desniveles de más de 4 cm entre la superficie de la calzada y la berma, se puede hacer uso de esta señal. Adicionalmente se puede indicar la longitud bajo la cual es aplicable la situación, de ser necesario.

Figura 211. Señales preventivas de desnivel severo.



Chile

Gran Bretaña

Fuente: Elaboración propia, con dispositivos extractados de los manuales de los respectivos países.

- Señal “DESPACIO”

Concebida como una señal con un mayor impacto que ubicar límites de velocidad, o complementaria a éstos.

Figura 212. Señales preventivas – Despacio.



Canadá y versión en español

Fuente: Elaboración propia, con base en dispositivos extractados del manual canadiense.

- Túneles

Informará a los usuarios de la vía la longitud del túnel que inicia, y se situará en cada entrada al túnel.

Figura 213. Señal informativa utilizada en la Unión Europea - Túnel.



Fuente: Diario oficial de la Unión Europea.

- Señales informativas de recomendación

El Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito del Estado de Baja California, México, sugiere el siguiente esquema de señalización de mensajes de texto:

Tabla 73. Señales informativas de recomendación utilizadas en México

Código señal	Mensaje o leyenda
SIR 07	Ceda el paso/al peatón*
SIR 08	Cruce con la señal/del semáforo *
SIR 09	Cruce solamente/en las esquinas*
SIR 10	Carril izquierdo/solo para rebasar*
SIR 11	Ceda el paso/al peatón *
SIR 12	Conceda cambio/de luces*
SIR 13	Con niebla/disminuya su velocidad *
SIR 14	Con niebla/encienda sus luces*
SIR 15	Conserve su derecha
SIR 16	Cruce de escolares
SIR 17	Cruce de peatones
SIR 18	Curva peligrosa/ 100 m*
SIR 19	Elija su carril/oportunamente*
SIR 20	Entrada y salida/de camiones 500 m**
SIR 21	Este camino no es/de alta velocidad*
SIR 22	Frene con motor
SIR 23	Guarde su distancia
SIR 24	No deje piedras/sobre el pavimento*
SIR 25	No maltrate/las señales*
SIR 26	No rebase con/raya continua*
SIR 27	No se estacione/en curva*
SIR 28	No tire basura
SIR 29	Obedezca las señales*
SIR 30	Prepare su cuota
SIR 31	Silenciador obligatorio
SIR 32	Tránsito lento/carril derecho*

Fuente: Elaboración propia

* Lámina con dos renglones de texto.

** Lámina con dos renglones de texto y placa adicional con la leyenda “PRINCIPIA” o “TERMINA”, o la longitud del tramo con restricciones.

A continuación se presentan algunas señales informativas de recomendación como ejemplo:

Figura 214. Algunas señales informativas de recomendación.



Fuente: Manual de dispositivos de control de tráfico del estado de Baja California, México.

11 BIBLIOGRAFÍA

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). A policy on Geometric Design of Highways and Streets. Washington, D.C. 2004.

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Roadside Design Guide. Washington, D.C. 2002.

Aviñó, Mercedes. “La señalización orientativa, el equipamiento de la carretera y la seguridad vial”. AFASEMETRA, Abril 2008.

Belda Esplugues, Enrique y Faubel Cava, José. “Metodología para la aplicación de los ITS en la gestión de las operaciones especiales de tráfico”. Dirección general de tráfico, España.

C. Cuevas Colunga y E. Mayoral Grajeda. “Severity reduction of road accidents” Investigadores en Seguridad Vial, Instituto Mexicano del Transporte, México D.F. 2003.

C.V. Zegeer and F.M. Council; Safety Effectiveness of Highway Design Features. Volume 3, Cross Sections. pp 23; Federal Highway Administration, Washington D.C. 1992

CECOM S.A. Sistemas avanzados de control vial. Madrid, España, 2007.

Chocontá Rojas, Pedro. Apuntes de Diseño Geométrico de Vías. Unidad de Publicaciones Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá 1990.

Consejería De Transportes Dirección General De Carreteras, Recomendaciones para el diseño de Glorietas en carreteras sub urbanas. Comunidad de Madrid, 1995.

Department for Transport, Traffic Signs Manual. Reino Unido, 2004.

Diario Oficial de la Unión Europea. Anexo III, “Señalización Vial en los Túneles”. Octubre de 2003.

Dirección General de Carreteras e Infraestructuras. Instrucción C.E.-2/2005: Anejo de seguridad vial en los proyectos de carreteras de la red regional de Castilla y León., España, 2005.

Erke, Alena y Sagberg Fridulv. Effects of variable message signs (VMS) on driver attention and behaviour. Institute of Transport Economics (TØI) and Association for European Transport and contributors, 2006

European Committee for Standardization. European Standard EN 1317-2. Road Restraint Systems – Part 2: Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for safety barriers. Bruselas, Bélgica. 1998.

European Committee for Standardization. European Standard EN 1317-3. Road Restraint Systems – Part 3: Crash cushions – Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods. Bruselas, Bélgica. 2000.

European Committee for Standardization. European Standard EN 1317-4. Road Restraint Systems – Part 4: Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for terminals and transitions of safety barriers. Bruselas, Bélgica. 2001.

Fernández Chávez, Olga Haydée. Propuestas de mejoras y estandarización de la señalización horizontal en Argentina. Depto de Accidentología y Seguridad Vial, Buenos Aires.

Glennon, John C. “Nuevo concepto para determinar la longitud de necesidad de la baranda de defensa”. Noviembre, 2002.

Glennon, John C., Neuman, T.R., and Leisch, J.E., “Safety and Operational Considerations for Design of Rural Highway Curves”, Federal Highway Administration. Washington, 1983.

Harman, Meter y Maunsell, Faber. Reviewing the Irish Traffic Signs Manual. Association for European Transport and contributors 2005.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación – ICONTEC. Normas Técnicas Colombianas NTC 3755, NTC 3783 y NTC 4083. Bogotá D.C., 2010.

Instituto Mexicano del Transporte, Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Subsecretaría de Infraestructura. Normas de Servicios Técnicos, Proyecto Geométrico, Carreteras. México D.F. 2002.

Jamson, S.L. (2004) *Evaluation of techniques to improve the legibility of bilingual Variable Message Signs*. Universidad de Leeds, Gran Bretaña.

Leisch, Joel P. Freeway and Interchange. Geometric Design Handbook. Institute of Transportation Engineers. Washington, D.C. 2005.

LÓPEZ DELGADO, Javier. La señalización vertical de carreteras como herramienta para la mejora de la seguridad vial. CIMBRA N° 382. España, 2008.

Manual of Standard Traffic Signs and Pavement Markings. Ministry of Transportation and Highways, British Columbia. Septiembre de 2000

Ministère de l'équipement, des transports, du logement, du tourisme et de la mer. Direction de la sécurité et de la circulation routières. *La signalisation routière*. Francia, 2006.

Ministère de l'équipement, des transports, du logement, du tourisme et de la mer. Direction de la sécurité et de la circulation routières. *La vitesse: Connaître ses effets et ses risques*. Francia, 2006.

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. Plan Nacional de Seguridad Vial 2008-2013. Paraguay. Elaborado con apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo. Asunción, Paraguay 2007.

Ministerio de Obras Públicas de Chile. Manual de señalización vial

Ministerio de Transporte. Código Nacional de Tránsito Terrestre. Ley 769 de 2002. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Transporte. Manual de Señalización Vial – Dispositivos para la regulación del Tránsito en Calles, Carreteras y Ciclorrutas de Colombia. Resolución 1050 de 2004 del Ministerio de Transporte. Bogotá D.C, 2004.

Ministerio de Transporte. Plan Nacional de Seguridad Vial. 2004.

Ministerio de Fomento. Norma 8.1-1C. Señalización vertical de la instrucción de carreteras. Orden del 28 de diciembre de 1999. España.

Ministerio de Fomento. Norma 8.2-1C. <<Marcas viales>> de la instrucción de carreteras. Orden del 16 de julio de 1987. España.

Ministerio del Interior. Resolución 9838 de 1 de junio de 2009, de la Dirección General de Tráfico, por la que se aprueba el Manual de Señalización Variable. España, 2009.

Pedestrian Crossing Control Manual for British Columbia. Ministry of Transportation and Highways, British Columbia. Segunda edición, abril de 1994.

Secretaría De Asentamientos Humanos Y Obras Públicas Del Estado De Baja California. Manual de dispositivos para el control del tránsito en vialidades del estado de Baja California, México.

Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito. Guatemala, 2000.

Speier, Gregory. "Internacional Road Assessment Programme (iRAP): Una Estrategia para mejorar la Seguridad Vial". Presentación en el VIII Congreso Internacional de Transporte. Bogotá D.C., Colombia, Noviembre 2008.

Speier, Gregory. Memorias del curso sistemas de contención vial. Instituto Mexicano del Transporte, México D.F. 2001.

Transportation Research Board. National Research Council. National Cooperative Highway Research Program NCHRP Report 350, "Recommended procedures for the safety performance evaluation of Highway features". Washington D.C., 1999.

UNH Technology Transfer Center. Traffic Sign Handbook. New Hampshire (USA), Junio de 2005.

U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Manual on Uniform Traffic Control Devices – MUTCD 2000. Millennium edition. Washington D.C., 2001.

U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Changeable Message Sign Operation and Messaging Handbook. Agosto de 2004.

Nuggets & Nibbles. Volume XXVII, Number 3. 2008. Sitio web: www.clrp.cornell.edu/nuggets_and_nibbles

Portales de Internet:

<http://www.highwayguardrail.com>

http://www.mutcd.fhwa.dot.gov/kno-millennium_12.28.01.htm

<http://www.roadsystems.com>

<http://www.speier-road-safety-solutions.com>

<http://www.tsigns.com.mx>

http://www.vialidad.cl/seguridad_vial/normas/iscv/instructivo.htm