



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE MASTER

ANÁLISIS DE LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES Y REQUERIDAS
PARA LA CIRCULACIÓN SEGURA DE CICLISTAS EN EL PUERTO
DE MONTAÑA DE LA CARRETERA CV-25. TRAMO OLOCAU-
CUMBRE DEL PUERTO DE CHIRIVILLA (VALENCIA).

Presentado por

BLANCO CASTILLO, FERNANDO

Para la obtención del

Master Universitario en Transporte, Territorio y Urbanismo

Curso: 2018/2019

Fecha: Julio 2019

Tutor: Dr. JOSÉ MANUEL CAMPOY UNGRÍA



Índice

1. Introducción y objeto de estudio	13
1.1. Introducción	13
1.2. Objeto de estudio. Descripción geométrica del tramo de la carretera	14
2. Estado del arte	18
2.1. Normativa existente	18
2.1.1. Normativa relacionada a la conducción de bicicletas	18
2.1.2. Normativa de diseño para la conducción de bicicletas	19
2.1.3. Normativa relacionada a la visibilidad de parada disponible y distancia de parada .	20
2.1.4. Normativa relacionada a la distancia de visibilidad de alcance	30
2.2. Estudios existentes	32
2.2.1. Estudios sobre la visibilidad y distancia de parada	32
2.2.2. Estudios sobre el despeje lateral en carreteras	39
2.2.3. Estudios sobre altura de obstáculos en la carretera	43
2.2.4. Estudios sobre ciclistas en carreteras convencionales	43
2.3. Accidentalidad relacionada con la conducción de bicicletas en carreteras	47
2.3.1. A nivel internacional	50
2.3.2. A nivel nacional	51
3. Objetivos	53
3.1. Objetivo general	53
3.2. Objetivos específicos	53
4. Hipótesis	54
5. Metodología	55
5.1. Recolección de datos	55
5.2. Restitución de trazado del tramo Olocau-Cumbre del Puerto de Chirivilla	57
5.3. Velocidades específicas por curva según AASHTO y Norma 3.1-IC	62
5.3.1. AASHTO	62
5.3.2. Norma 3.1-IC	64
5.4. Obtención de distancias de visibilidad de parada normativa	65
5.5. Obtención de distancias de visibilidad disponible según lectura MDT	68
5.6. Obtención de distancias de visibilidad de alcance	70
6. Resultados y análisis de datos	71
6.1. Velocidades específicas en cada curva según criterios AASHTO y Norma 3.1-IC	72

6.2.	Distancia de visibilidad de parada normativa según criterios AASHTO y Norma de trazado 3.1-IC.....	84
6.3.	Caso A: el ciclista se encuentra en el borde de la calzada	97
6.3.1.	Comparación mediante la determinación de ubicaciones en las que no se verifica la distancia de parada de alcance	97
6.3.2.	Análisis de las distancias de alcance según velocidades de operación en curvas.....	115
6.3.3.	Análisis de las distancias de alcance según el tipo de curva	126
6.4.	Caso B: el ciclista se encuentra en el centro del carril.....	137
6.4.1.	Comparación mediante la determinación de ubicaciones en las que no se verifica la distancia de parada alcance	138
6.4.2.	Análisis de las distancias de alcance según velocidades de operación en curvas.....	153
6.4.3.	Análisis de las distancias de alcance según el tipo de curva	164
6.5.	Caso C: el ciclista se encuentra en el eje de la calzada	173
6.5.1.	Comparación mediante la determinación de ubicaciones en las que no se verifica la distancia de parada alcance	174
6.5.2.	Análisis de las distancias de alcance según velocidades de operación en curvas.....	189
6.5.3.	Análisis de las distancias de alcance según el tipo de curva	198
7.	Conclusiones	208
8.	Posibles líneas de investigación futuras	214
9.	Bibliografía	215
10.	Anexos	224
10.1.	Capturas de pantalla del programa CLIP de TOOL, S.A.: ejemplos de pérdida de visibilidad en curvas	224
10.2.	Relación de vehículos turismos y sus pesos en Kg.....	226
10.3.	Fotos de curvas donde existe pérdida de visibilidad	227
10.4.	Planos	229

Índice de figuras

Ilustración 1: Recorrido de la CV-25	14
Ilustración 2: Perfil transversal “Pico de Águila o Chirivilla”	15
Ilustración 3: Esquema de la carretera CV-25 (“CV-25,” n.d.)	17
Ilustración 4: Metodología para la medición de la visibilidad de parada disponible (AASHTO)	22
Ilustración 5: Expresión matemática para el cálculo de la distancia de visibilidad de parada (Norma de trazado 3.1-IC)	23
Ilustración 6: Gráfica velocidad – distancia de visibilidad de parada según pendientes (AASHTO).....	25
Ilustración 7: Expresión matemática para calcular la distancia de visibilidad de parada sin tomar en cuenta la pendiente (AASHTO)	26
Ilustración 8: Expresión matemática para calcular la distancia de visibilidad de parada tomando en cuenta la pendiente (AASHTO)	26
Ilustración 9: Ecuaciones cinemáticas para el movimiento de una partícula bajo aceleración constante. (Raymond A. Serwey, 2004).....	31
Ilustración 10: metodología para la medición de la altura de visión del conductor (Todd et al., 2017)	36
Ilustración 11: variables de cálculo de despeje lateral en curvas aisladas (Echaveguren et al., 2003)	40
Ilustración 12: esquema de metodología para la medición de la visibilidad.....	40
Ilustración 13: esquema para la medición de la visibilidad	41
Ilustración 14: gráfica comparativa entre el despeje lateral y accidentalidad (Peng et al., 2012)	41
Ilustración 15: ejemplo de condiciones forestales en una carretera donde la visibilidad se ve afectada por esta (Nasiri & Pourmajidian, 2014)	42
Ilustración 16: ejemplos de ciclistas en vías con tránsito de vehículos de motor	44
Ilustración 17: señalización para el límite de velocidad en distintas vías	45
Ilustración 18: ejemplo de conflicto entre ciclista y vehículo de motor	46
Ilustración 19: foto aérea del poblado de Olocau	58
Ilustración 20: foto aérea del poblado de Gátova	59
Ilustración 21: estacionamiento para el modelizado digital de la carretera CV-25	60
Ilustración 22: entorno de trabajo del programa CLIP TOOL, S.A. (1)	61
Ilustración 23: entorno de trabajo del programa CLIP TOOL, S.A. (2)	61
Ilustración 24: modelo matemático para el cálculo del radio mínimo (AASHTO)	62
Ilustración 25: modelo matemático para el cálculo de la velocidad específica (Norma de trazado 3.1-IC).....	64
Ilustración 26: expresión matemática para el cálculo de la distancia de visibilidad de parada (Norma de trazado 3.1-IC)	66
Ilustración 27: expresión matemática para el cálculo de la distancia de visibilidad de parada (AASHTO)	66
Ilustración 28: expresión matemática para el cálculo de la distancia de visibilidad de parada (AASHTO) (2).....	67
Ilustración 29: ecuaciones cinemáticas par el movimiento de una partícula bajo aceleración constante ...	67
Ilustración 30: velocidad específica para cada estación (Tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC).....	72
Ilustración 31: velocidad específica para cada estación (Tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC).....	73
Ilustración 32: velocidad específica para cada estación (Tramo 1 - AASHTO).....	73
Ilustración 33: velocidad específica para cada estación (Tramo 2 - AASHTO).....	74
Ilustración 34: radios-velocidad específica (Tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC)	75
Ilustración 35: radios-velocidad específica (Tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC)	75

Ilustración 36: radios-velocidad específica (Tramo 1 - AASHTO)	76
Ilustración 37: radios-velocidad específica (Tramo 2 - AASHTO)	76
Ilustración 38: velocidad específica (vehículo)-ciclista (Tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC)	77
Ilustración 39: velocidad específica (vehículo)-ciclista (Tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC)	79
Ilustración 40: velocidad específica (vehículo)-ciclista (Tramo 1 - AASHTO)	81
Ilustración 41: velocidad específica (vehículo)-ciclista (Tramo 2 - AASHTO)	83
Ilustración 42: distancia de parada normativa (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC)	85
Ilustración 43: distancia de parada normativa (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC)	86
Ilustración 44: distancia de parada normativa (tramo 1 - AASHTO).....	87
Ilustración 45: distancia de parada normativa (tramo 2 - AASHTO).....	88
Ilustración 46: visibilidad de parada disponible (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC)	89
Ilustración 47: visibilidad de parada disponible (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC)	90
Ilustración 48: visibilidad de parada disponible (tramo 1 - AASHTO)	90
Ilustración 49: visibilidad de parada disponible (tramo 2 - AASHTO)	91
Ilustración 50: distancia de parada-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC)	92
Ilustración 51: distancia de parada-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC)	93
Ilustración 52: distancia de parada-visibilidad (tramo 1 - AASHTO).....	95
Ilustración 53: distancia de parada-visibilidad (tramo 2 - AASHTO).....	96
Ilustración 54: ejemplo de circulación de ciclista en la calzada por la ausencia de arcén	97
Ilustración 55: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)	98
Ilustración 56: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)	99
Ilustración 57: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)	100
Ilustración 58: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)	101
Ilustración 59: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)	103
Ilustración 60: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)	104
Ilustración 61: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 2m)	105
Ilustración 62: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 3m)	107
Ilustración 63: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 4m)	109
Ilustración 64: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 2m)	111
Ilustración 65: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 3m)	112
Ilustración 66: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 4m)	114
Ilustración 67: ciclistas circulando en el centro del carril.....	137

Ilustración 68: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)	138
Ilustración 69: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)	139
Ilustración 70: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)	140
Ilustración 71: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)	141
Ilustración 72: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)	142
Ilustración 73: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)	143
Ilustración 74: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m)	144
Ilustración 75: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m)	146
Ilustración 76: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m)	147
Ilustración 77: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m)	149
Ilustración 78: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m)	150
Ilustración 79: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m)	152
Ilustración 80: ciclistas circulando por el centro de la calzada.....	173
Ilustración 81: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)	174
Ilustración 82: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)	175
Ilustración 83: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)	176
Ilustración 84: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)	177
Ilustración 85: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)	178
Ilustración 86: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)	179
Ilustración 87: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m)	180
Ilustración 88: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m)	182
Ilustración 89: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m)	183
Ilustración 90: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m)	185

Ilustración 91: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m)	186
Ilustración 92: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m)	188

Índice de tablas

Tabla 1: Tabla 3.1: Coeficiente de rozamiento (Norma de trazado 3.1-IC).....	24
Tabla 2: Tabla para la determinación de la distancia de visibilidad de parada en carreteras planas (AASHTO).....	27
Tabla 3: Tabla para la determinación de la distancia de visibilidad de parada en carreteras con pendiente (AASHTO).....	28
Tabla 4: Relación de tiempos de percepción y reacción según distintos investigadores (Layton & Dixon, 2012)	34
Tabla 5: resultados del estudio de (Todd et al., 2017)	36
Tabla 6 relación de distintas alturas de objeto propuestas por distintos autores.....	43
Tabla 7: relación de accidentalidad en ciclistas según el tipo de vía	52
Tabla 8: relación de accidentalidad en ciclistas según sexo.....	52
Tabla 9: relación de accidentalidad en ciclistas según grupo de edad	52
Tabla 10: relación de accidentalidad en ciclistas según el tipo de vía por años	52
Tabla 11: tabla para la obtención de los radios mínimos de acuerdo a la velocidad y otras variables (AASHTO).....	63
Tabla 12: tabla 4.3 para el coeficiente de rozamiento transversal (Norma de trazado 3.1-IC).....	64
Tabla 13: tabla 4.4 relación velocidad de proyecto-radio mínimo-peralte máximo (Norma de trazado 3.1-IC)	65
Tabla 14: ejemplo de relación de distancias de visibilidades por estación obtenidas mediante el programa CLIP.....	69
Tabla 15: diferencia de velocidades entre vehículo y ciclistas (Tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC).....	79
Tabla 16: diferencia de velocidades entre vehículo y ciclistas (Tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC).....	80
Tabla 17: diferencia de velocidades entre vehículo y ciclistas (Tramo 1 – AASHTO).....	83
Tabla 18: diferencia de velocidades entre vehículo y ciclistas (Tramo 2 – AASHTO).....	84
Tabla 19: distancia de parada-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC)	93
Tabla 20: distancia de parada-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC)	94
Tabla 21: distancia de parada-visibilidad (tramo 1 – AASHTO)	95
Tabla 22: distancia de parada-visibilidad (tramo 2 – AASHTO)	96
Tabla 23: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m).....	99
Tabla 24: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m).....	100
Tabla 25: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m).....	101
Tabla 26: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m).....	102
Tabla 27: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m).....	104
Tabla 28: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m).....	105
Tabla 29: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 2m)	107
Tabla 30: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 3m).....	108

Tabla 31: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 4m).....	110
Tabla 32: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 2m).....	112
Tabla 33: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 3m).....	113
Tabla 34: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 4m).....	115
Tabla 35: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m).....	116
Tabla 36: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m).....	117
Tabla 37: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m).....	117
Tabla 38: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m).....	118
Tabla 39: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m).....	119
Tabla 40: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m).....	120
Tabla 41: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 2m)	121
Tabla 42: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 3m)	122
Tabla 43: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 4m)	123
Tabla 44: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 2m)	124
Tabla 45: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 3m)	124
Tabla 46: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 4m)	125
Tabla 47: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)	126
Tabla 48: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)	127
Tabla 49: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)	128
Tabla 50: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)	128
Tabla 51: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)	129
Tabla 52: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)	130
Tabla 53: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 2m).....	131

Tabla 54: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 3m).....	132
Tabla 55: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 4m).....	133
Tabla 56: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 2m).....	134
Tabla 57: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 3m).....	135
Tabla 58: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 4m).....	136
Tabla 59: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m).....	138
Tabla 60: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m).....	139
Tabla 61: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m).....	141
Tabla 62: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m).....	142
Tabla 63: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m).....	143
Tabla 64: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m).....	144
Tabla 65: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m).....	145
Tabla 66: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m).....	147
Tabla 67: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m).....	148
Tabla 68: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m).....	150
Tabla 69: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m).....	151
Tabla 70: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m).....	153
Tabla 71: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m).....	153
Tabla 72: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m).....	154
Tabla 73: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m).....	155
Tabla 74: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m).....	155
Tabla 75: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m).....	156
Tabla 76: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m).....	157

Tabla 77: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 1 – AASHTO– distancia de seguridad: 2m)	158
Tabla 78: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 1 – AASHTO– distancia de seguridad: 3m)	159
Tabla 79: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 1 – AASHTO– distancia de seguridad: 4m)	161
Tabla 80: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 2 – AASHTO– distancia de seguridad: 2m)	162
Tabla 81: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 2 – AASHTO– distancia de seguridad: 3m)	162
Tabla 82: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 2 – AASHTO– distancia de seguridad: 4m)	163
Tabla 83: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)	164
Tabla 84: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)	165
Tabla 85: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)	165
Tabla 86: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)	166
Tabla 87: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)	167
Tabla 88: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)	167
Tabla 89: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m)	168
Tabla 90: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m)	169
Tabla 91: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m)	170
Tabla 92: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m)	171
Tabla 93: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m)	172
Tabla 94: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m)	173
Tabla 95: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)	175
Tabla 96: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)	176
Tabla 97: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)	177
Tabla 98: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)	178
Tabla 99: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)	179

Tabla 100: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m).....	180
Tabla 101: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m).....	181
Tabla 102: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m).....	183
Tabla 103: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m).....	184
Tabla 104: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m).....	186
Tabla 105: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m).....	187
Tabla 106: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m).....	189
Tabla 107: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m).....	189
Tabla 108: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m).....	190
Tabla 109: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m).....	191
Tabla 110: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m).....	191
Tabla 111: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m).....	192
Tabla 112: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m).....	193
Tabla 113: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m).....	193
Tabla 114: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m).....	194
Tabla 115: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m).....	195
Tabla 116: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m).....	196
Tabla 117: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m).....	197
Tabla 118: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m).....	198
Tabla 119: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m).....	198
Tabla 120: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m).....	199
Tabla 121: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m).....	200
Tabla 122: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m).....	200

Tabla 123: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)	201
Tabla 124: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)	202
Tabla 125: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – AASHTO– distancia de seguridad: 2m).....	203
Tabla 126: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – AASHTO– distancia de seguridad: 3m).....	203
Tabla 127: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – AASHTO– distancia de seguridad: 4m)	204
Tabla 128: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – AASHTO– distancia de seguridad: 2m).....	205
Tabla 129: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – AASHTO– distancia de seguridad: 3m).....	206
Tabla 130: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – AASHTO– distancia de seguridad: 4m).....	207
Tabla 131: tabla resumen “Verificación de distancia de visibilidad de alcance” tramo 1 - AASHTO.....	209
Tabla 132: tabla resumen “Verificación de distancia de visibilidad de alcance” tramo 2 - AASHTO.....	209
Tabla 133: tabla resumen “Diferencia de Velocidades vs. DVA” tramo 1 - AASHTO	210
Tabla 134: tabla resumen “Diferencia de Velocidades vs. DVA” tramo 2 - AASHTO	210
Tabla 135: tabla resumen “Tipo de curva vs. DVA” tramo 1 – AASHTO.....	210
Tabla 136: 135 tabla resumen “Tipo de curva vs. DVA” tramo 2 - AASHTO	211

Análisis de las visibilidades disponibles y requeridas para la circulación segura de ciclistas en el Puerto de Montaña de la carretera CV-25. Tramo Olocau-Cumbre del Puerto de Chirivilla (Valencia).

1. Introducción y objeto de estudio

1.1. Introducción

Los puertos de montaña con elevada presencia de ciclistas de carretera presentan a menudo unas condiciones de visibilidad reducida debido a la combinación de radios en planta reducidos con despejes en curva deficientes provocados por la presencia de taludes de desmonte y vegetación que resultan habituales en el entorno orográfico en que se ubican.

La diferencia de velocidades entre los vehículos a motor y los ciclistas que ascienden el puerto compartiendo la misma plataforma, es una situación de riesgo que se ve incrementada en condiciones de visibilidad reducida, pudiendo provocarse accidentes por alcance de graves consecuencias.

Las guías de diseño definen la distancia de visibilidad de parada como aquella distancia necesaria para detener, en condiciones de seguridad, un vehículo en presencia de un obstáculo. Las dimensiones del obstáculo consideradas en este caso, con alturas comprendidas entre los 0,20 y los 0,60 m según diferentes guías, así como su posicionamiento estático sobre la calzada, garantizaría la existencia de suficiente distancia de visibilidad también en el caso de los ciclistas, que en sí mismos, constituyen obstáculos dinámicos de mayores dimensiones. Sin embargo, las carreteras de montaña son a menudo, carreteras antiguas con trazados sinuosos que no responden a la aplicación de las modernas guías de diseño geométrico y en muchos casos, las distancias de visibilidad de parada requeridas para las velocidades de operación, no llegan a cumplir con los estándares normativos.

En las curvas, la maniobra de evasión a ciclistas puede verse asimismo comprometida, especialmente en calzadas de anchura reducida, sobreechanos insuficientes o inexistentes y visibilidad deficiente, máxime si se pretenden realizar maniobras de adelantamiento que cumplan con la preceptiva separación transversal de 1,50 m.

Bajo estas condiciones, no podría garantizarse la seguridad de las maniobras de evasión o parada en presencia de un ciclista, especialmente en el interior de curvas con despejes insuficientes. Además, en estos entornos resulta en muchas ocasiones costoso en términos ambientales y económicos modificar las características geométricas de planta, alzado o sección transversal para conseguir dotar a la carretera de la visibilidad requerida.

En este contexto, se trata de analizar, atendiendo a las velocidades de operación de los ciclistas y a las velocidades específicas de la carretera, las distancias de visibilidad de alcance requeridas y compararlas con las disponibles en un tramo real de puerto de montaña habitualmente frecuentado por ciclistas.

Se usarán para ello datos reales de velocidad obtenidos mediante sensores GPS instalados en los ciclistas, modelos digitales del terreno y ortofotografías para la caracterización geométrica de la carretera.

Finalmente, este trabajo de investigación se limita a analizar las visibilidades en el sentido ascendente de las estaciones, puesto que la mayoría de las situaciones críticas de las mismas se encuentran en las curvas a derecha en este sentido (al ser una carretera de montaña, los despejes a derecha son limitados debido a los taludes, los cuales disminuyen la visibilidad notablemente, siendo esta una de las hipótesis que se busca comprobar con este trabajo).

1.2. Objeto de estudio. Descripción geométrica del tramo de la carretera

La carretera CV-25 (Liria - Segorbe, en valenciano y oficialmente *Llíria - Sogorb*), carretera valenciana que conecta las provincias de Valencia y Castellón por el interior, desde la CV-35 en Liria hasta la A-23 a su paso por Segorbe.

La carretera CV-25 pertenece a la red de carreteras de la Generalidad Valenciana. Su nombre está formado por las iniciales CV, que indica que es una carretera autonómica de la Comunidad Valenciana, y el 25 es el número que recibe según el orden de nomenclaturas de las carreteras de la CV.

La CV-25 hace de conexión entre dos importantes poblaciones como son Liria y Segorbe, es una carretera convencional, el mejor tramo que tiene esta carretera es el que discurre entre Liria y Olocau. A partir de Olocau se convierte en carretera de montaña y por tanto reduce las dimensiones de sus carriles. Inicia su recorrido en Liria donde conecta con la Autovía de Ademuz CV-35 y continúa en dirección norte pasando por el Parque de San Vicente de Liria. A continuación, pasa por Marines, Olocau y Gátova. Atraviesa la Sierra Calderona y entra en la Provincia de Castellón llegando a Altura, conecta con la Autovía Mudéjar A-23 y finaliza su recorrido en la localidad de Segorbe. El futuro de la CV-25 pasa por ser fusionada con la CV-50 y juntas formar el segundo bypass de Valencia.



Ilustración 1: Recorrido de la CV-25

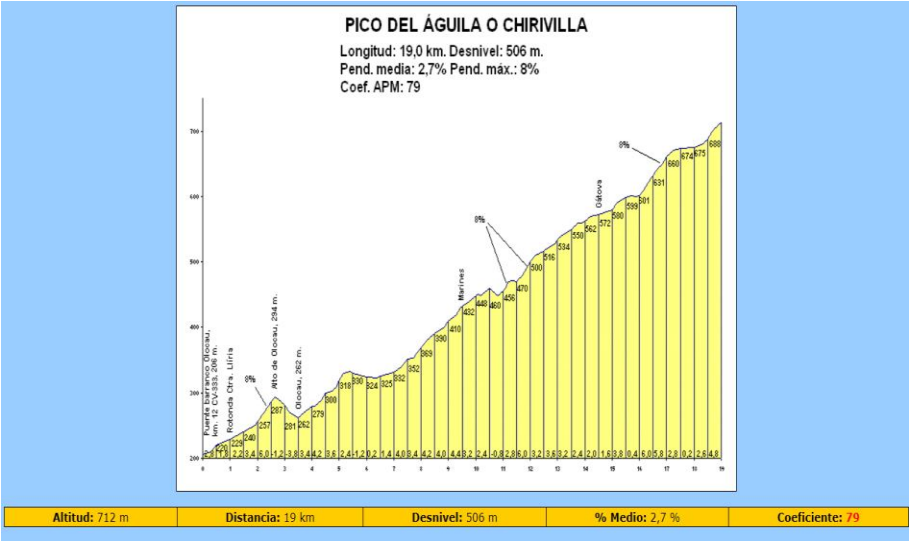


Ilustración 2: Perfil transversal "Pico de Águila o Chirivilla"

Velocidad	Esquema		Notas
	centro urbano		
	zona industrial		camino
	LIRIA		LIRIA
	Comienzo de la carretera CV-25 Km 0		Fin de la carretera CV-25 Km 0
	CV-35 San Antonio de Benagéber Valencia		
			CV-35 Casinos Ademuz Acceso solo desde la CV-25 sentido Liria
	camino		camino
			
			Comienzo de doble carril (sentido Liria)
			San Gerardo
	Fin de doble carril (sentido Segorbe)		
	Ermita de San Vicente		
	urbanizaciones		urbanizaciones
			Marines ☉
	área de servicio		Marines ☉
			zona militar
	CV-333 Bétera		

	Olocau			
	camino			
	Olocau			
	MARINES VIEJO		MARINES VIEJO	
	GÁTOVA		GÁTOVA	
	Carretera de alta montaña (sentido Segorbe)			
	Provincia de Castellón		Provincia de Valencia	
	Puerto de Chirivilla (711 m)		Puerto de Chirivilla (711 m)	
			Carretera de alta montaña (sentido Liria)	
			CV-245 Alcublas	
	ALTURA		ALTURA	
	Fin de la carretera CV-25		Comienzo de la carretera CV-25	
	A-23 Sagunto Valencia - Castellón			
	Segorbe A-23 Teruel Zaragoza - Huesca			

Ilustración 3: Esquema de la carretera CV-25 (“CV-25,” n.d.)

2. Estado del arte

A continuación, se presenta el estado del arte correspondiente a esta investigación, en el cual se recopila la información pertinente al tema de estudio hasta la fecha. En éste, se presentan tanto las normativas como investigaciones relacionadas con las distintas visibilidades que se analizarán en este estudio.

Este estado del arte se divide en dos partes, como se menciona en el párrafo anterior: una primera, en la cual se centra tanto en la normativa española vigente y correspondiente al tema en cuestión, y una segunda, refiriéndose a estudios, siendo éstos los más actuales, donde los temas centrales sean las visibilidades necesarias para la circulación segura, y que involucren de forma u otra el factor de ciclistas.

2.1. Normativa existente

Como se puede apreciar, la interacción vehículo-ciclista-infraestructura juega un papel muy importante en el desarrollo de este Trabajo de Fin de Master (TFM). Tanto la propia naturaleza de la circulación de los ciclistas en la carretera objeto de este estudio como el diseño de la misma, cuentan con normativas que permiten, afortunadamente, determinar los parámetros necesarios a analizar en esta investigación.

Por eso, es necesario analizar tanto la normativa de Estados Unidos (AASHTO, 2011), y la proveniente de España (Instrucción de Carreteras. Norma 3.1-IC) pues representan el punto de partida de este trabajo.

De igual forma, se encuentra la normativa relacionada al diseño geométrico de la carretera, específicamente, las visibilidades y velocidades, la cual permitirá ofrecer un punto de comparación con la realidad para verificar si las condiciones de seguridad existentes son realmente las apropiadas.

Para este TFM, si bien es cierto que los tramos de carretera a analizar se encuentran en España, y ésta fue diseñada con la normativa española para carreteras, se pretende que el objetivo final del mismo sea llevado a cabo utilizando la norma AASHTO (2011), con el fin de poder utilizar esta investigación en otras carreteras de ámbito internacional, desarrollando así un modelo más estandarizado. No empero, en este trabajo se presenta por igual un análisis de la carretera en cuestión usando la norma española, con el fin de determinar de forma íntegra si esta cumple o no con los estándares de visibilidad a ser evaluados, para así poder tener una valoración más objetiva al momento de aplicar la norma AASHTO de 2011.

2.1.1. Normativa relacionada a la conducción de bicicletas

En lo que a la conducción de bicicletas en carreteras convencionales concierne, la normativa española posee el Código de circulación, el cual estipula en su artículo 64, que una bicicleta, o un grupo de bicicletas, deben circular por el arcén, si existe, o lo más cerca posible del borde exterior de la superficie de la carretera. Durante bajadas largas, los ciclistas pueden ocupar todo el carril para garantizar la seguridad.

Respecto a la interacción con vehículos de motor, explica que pueden adelantar a los ciclistas, manteniendo una distancia lateral superior a 1,5 m.

Exceptuando estas especificaciones, los ciclistas están sujetos a cumplir todas las normas y seguir todas las señales de tránsito al igual que los vehículos de motor.

Artículo 64. Normas generales y prioridad de paso de ciclistas. Como regla general, y siempre que sus trayectorias se corten, los conductores tienen prioridad de paso para sus vehículos en la calzada y en el arcén, respecto de los peatones y animales, salvo en los casos enumerados en los artículos 65 y 66, en que deberán dejarlos pasar, llegando a detenerse si fuera necesario. (Real Decreto 1428/2003, 2003)

Además, en este mismo artículo, se dan especificaciones sobre las prioridades que pudieran tener los conductores de bicicletas según el caso en que se encuentren.

Los conductores de bicicletas tienen prioridad de paso respecto a los vehículos de motor:

- a) Cuando circulen por un carril bici, paso para ciclistas o arcén debidamente señalizados.
- b) Cuando para entrar en otra carretera el vehículo de motor gire a derecha o izquierda, en los supuestos permitidos, y haya un ciclista en sus proximidades.
- c) Cuando circulando en grupo, el primero haya iniciado ya el cruce o haya entrado en una glorieta. (Real Decreto 1428/2003, 2003)

Para finalizar, este artículo especifica que en los demás casos serán aplicables las normas generales sobre prioridad de paso entre vehículos. (Real Decreto 1428/2003, 2003)

2.1.2. Normativa de diseño para la conducción de bicicletas

En España no existe una Normativa de diseño específica para viales ciclistas o de carreteras que tengan en cuenta a este colectivo a nivel estatal. Es cierto que numerosas administraciones locales y autonómicas han desarrollado un gran número de documentos con recomendaciones de diseño, en base a unas directrices que proporcionó la Dirección General de Tráfico (DGT) en el año 2000. Esto es debido a que la competencia para construir viales ciclistas recae en las comunidades autónomas y los Ayuntamientos. (Gómez, 2016)

Tal y como se puede apreciar de establecido en el párrafo anterior, se puede determinar que el diseño de carreteras para la conducción de bicicletas no está previsto, al menos no para el ámbito de esta investigación, el cual se centra en una carretera convencional de dos carriles. Y esto se puede apreciar en el apartado 8.15 de la Instrucción de Carreteras (Norma 3.1-IC), en cual establece explícitamente lo siguiente:

El diseño de vías ciclistas no es objeto de la presente Norma. No obstante, dado que pueden existir importantes interacciones entre dichas vías ciclistas y las carreteras, usualmente proyectadas y ejecutadas por organismos diferentes, se definen en este apartado las condiciones básicas de coordinación entre ambas. (*Instrucción de Carreteras. Norma 3.1-IC*, 2016)

En este apartado, se define lo que es una vía ciclista, de forma muy sencilla y concisa, especificando que es toda aquella que se diseña y construye específicamente para el tráfico ciclista,

teniendo las dimensiones necesarias para ello, y que además debe poseer señalización adecuada (tanto horizontal como vertical), aclarando que ésta no forma parte de la categoría de carretera.

La parte más importante de este acápite viene dada por la definición de dos casos de presencia de vía ciclista: uno interurbano donde ésta está segregada físicamente de la carretera (en este caso se le llama pista-bici), la cual discurre próxima o paralelamente a la carretera en cuestión. Cabe destacar que esta pista-bici sirve únicamente para el tráfico ciclista, por lo que el tráfico motorizado circula de forma independiente y por su propia carretera.

El segundo caso en cuestión es aquel en el que la segregación del tráfico de ciclistas y el motorizado no es posible como en el anterior y, por lo tanto, este acápite establece las condiciones necesarias para la implementación de una vía ciclista:

- En tramos periurbanos y urbanos de cualquier clase de carretera se diseñará un carril - bici protegido, que es la vía ciclista con elementos laterales que la separan físicamente de la plataforma de la carretera. La franja lateral que, actuando como berma, sirva de separación física entre la plataforma de la carretera y el carril – bici protegido tendrá un ancho mayor o igual que un metro y cincuenta centímetros (1,50 m).
- En tramos urbanos de carreteras convencionales y multicarril con velocidad de proyecto (V_p) menor o igual que cincuenta kilómetros por hora (50 km/h) y, si no fuese posible la implantación del carril - bici protegido, excepcionalmente y con la debida justificación se podrá diseñar un carril - bici, que es la vía ciclista que discurre adosada a la plataforma de la carretera. El ancho mínimo de separación entre la plataforma de la carretera y el carril - bici será un metro (1,00 m).(*Instrucción de Carreteras. Norma 3.1-IC, 2016*)

A todo lo descrito anteriormente, en este acápite se señala que no solamente es necesaria la existencia de un sistema de contención de vehículos, sino que también se requiere la instalación de un cerramiento que se encuentre entre el carril bici y la carretera, con el fin de proveer al primero de mayor seguridad.

Este acápite finaliza con la restricción de que en ningún caso se podrá disminuir las dimensiones del arcén con el fin de ejecutar una vía ciclista adyacente a la carretera en cuestión. Y esto es de vital importancia pues en cierta forma podría limitar la construcción de las vías ciclistas en aquellos casos donde se dificulte debido a los posibles movientes de tierra, expropiación de terrenos, o cualquier otro caso posible.

Una vez analizada esta parte de la Norma 3.1-IC, se puede llegar a la clara conclusión de que en la misma no existen lineamientos ni especificaciones contundentes para la creación de ciclo-vías en el diseño de carreteras convencionales.

2.1.3. Normativa relacionada a la visibilidad de parada disponible y distancia de parada

Para el desarrollo de esta investigación, es necesario establecer las definiciones, tanto de la visibilidad de parada disponible como de la distancia de parada, indicando además sus diferencias e implicaciones que tienen una sobre la otra. Todo esto de la forma más clara y precisa posible, utilizando las normativas aplicables y a utilizar en todo lo largo de este trabajo.

Cabe destacar que las normas relacionadas a ambos términos, y que se utilizarán en este TFM son las siguientes:

- Instrucción de Carreteras. Norma 3.1-IC, 2016, España.
- A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2011, Estados Unidos.

Tal y como se ha explicado anteriormente, el objeto de este trabajo es el análisis de las visibilidades de la carretera en cuestión utilizando la norma estadounidense, pero hacer las comprobaciones de visibilidad mediante la norma española antes de proceder con la estadounidense, provee un punto de partida para el objeto de esta investigación. En este caso, se usará la norma española como soporte del estudio, con el fin de justificar el uso de una que represente estándares aceptados con mayor grado a nivel internacional. Y para cumplir este fin, resulta necesario hacer un estudio competente sin llegar a ser tan exhaustivo (no pertenece al alcance de este trabajo de investigación) de ambas normas, recordando siempre que el objeto de estudio gira en torno a la norma AASHTO.

Visibilidad de parada disponible

La norma española describe la visibilidad de parada disponible de la siguiente manera:

En cualquier punto de la carretera el conductor de un vehículo deberá tener una visibilidad que dependerá de la forma, las dimensiones y la disposición de los elementos del trazado. Para que las distintas maniobras puedan efectuarse en condiciones de comodidad y seguridad, se necesitará una visibilidad mínima que dependerá de la velocidad de los vehículos y del tipo de dichas maniobras. (*Instrucción de Carreteras. Norma 3.1-IC, 2016*)

Mientras, la AASHTO explica que la visibilidad de parada disponible es:

La visibilidad de parada disponible es la longitud de la carretera que es visible para el conductor. Para conseguir carreteras seguras, los diseñadores deben proporcionar una visibilidad de parada disponible suficiente como para permitir a los conductores operar sus vehículos de forma que puedan evitar el impacto con objetos o vehículos inesperados que puedan encontrarse en su camino. (*A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2011*)

En un principio, se puede concluir que ambas normas tienen definiciones de los dos conceptos similares, al menos de forma general. Ambas lograr definir y diferenciarlos al punto de que el lector los pueda entender y distinguir de forma suficiente.

Sin embargo, cabe destacar que la Norma 3.1-IC, añade en su definición la existencia de elementos que afectan a esta visibilidad. Y estos elementos juegan un papel muy importante en el desarrollo de esta investigación, pues son determinantes al momento de indicar si éste (la visibilidad) es suficiente o no para las condiciones de la carretera dada.

Como se señala anteriormente, esta visibilidad de parada disponible depende de varios factores tales como: la altura del ojo del conductor sobre la superficie de la carretera, la altura especificada del objeto sobre la superficie de la carretera, y la altura y la posición lateral de las obstrucciones visuales dentro de la línea de visión del conductor.

Para fines de cálculo de la visibilidad de parada disponible, la Norma de Trazado de Carreteras 3.1-IC establece que el punto de vista del conductor se fija a una altura de 1,10 m sobre la calzada y a una distancia de 1,50 m del borde izquierdo de cada carril, por el interior del mismo y en el sentido de la marcha. Sin embargo, la AASHTO establece la altura del ojo del conductor a 1.08 m sobre la superficie de la carretera. Aquí se puede observar una diferencia de 2 cm entre ambas normas, por lo que la adecuación para los cálculos de las visibilidades en esta investigación fue necesaria en los programas utilizados.

Tal y como se explica más adelante, la obtención de las visibilidades de parada disponibles para esta investigación se hace con la ayuda de la lectura del MDT y software de diseño. Sin embargo, es importante señalar que la metodología de la medición de la visibilidad, así como también el uso adecuado de escalas es fundamental para su correcto funcionamiento. Afortunadamente la AASHTO proporciona figuras detalladas de la misma, en donde se puede apreciar la forma correcta de medir la misma: desde el punto de inicio de la visibilidad hasta su punto final. El software de diseño a utilizarse (CLIP de TOOL, S. A., el cual se describe más adelante), viene programado para medir las visibilidades necesarias a usarse en esta investigación.

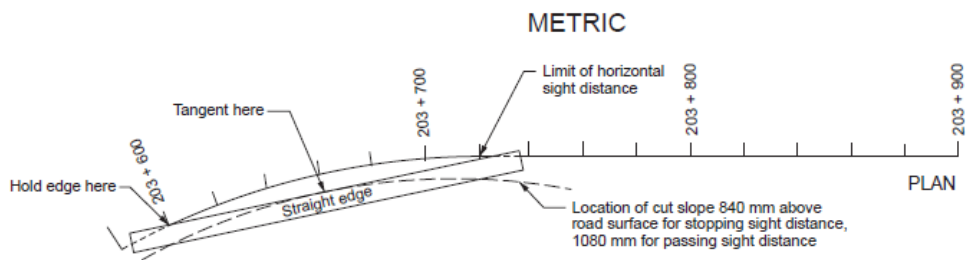


Ilustración 4: Metodología para la medición de la visibilidad de parada disponible (AASHTO)

Cabe destacar que, para los fines de este trabajo, las visibilidades de parada disponibles se calcularán siempre para condiciones óptimas de iluminación.

Distancia de visibilidad de parada

Respecto a la distancia de visibilidad de parada, se obtiene de la Norma 3-IC:

Se define como distancia de parada (D_p) la distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse ante un obstáculo inesperado en su trayectoria, medida desde su posición en el momento de aparecer el objeto que motiva la detención. Incluye la distancia recorrida durante los tiempos de percepción, reacción y frenado. (*Instrucción de Carreteras. Norma 3.1-IC, 2016*)

Así mismo, la AASHTO define como distancia de parada:

La distancia de visión de parada es la suma de dos distancias: (1) la distancia atravesada por el vehículo desde el instante en que el conductor mira un objeto, por lo que necesita detenerse, hasta el instante en que se aplican los frenos, y (2) la distancia necesaria para detener el vehículo desde el instante en que se comienza la aplicación de los frenos. Estas se conocen como distancia de reacción de freno y distancia de frenado, respectivamente. (*A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2011*)

Siendo la descripción de la norma estadounidense un tanto más técnica y concisa que la española, en un principio ambas plantean exactamente lo mismo: la distancia de parada es la suma de dos distancias distintas (distancia que se desplaza el vehículo durante el tiempo de percepción y distancia desplazada durante el tiempo de frenado) las cuales se pueden calcular teniendo en cuenta que cada norma cuenta con su propia metodología y fórmula.

La norma española utiliza esta expresión para calcular la distancia de parada:

$$D_p = \frac{V \cdot t_p}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot (f_l + i)}$$

Ilustración 5: Expresión matemática para el cálculo de la distancia de visibilidad de parada (Norma de trazado 3.1-IC)

Donde:

D_p = Distancia de parada (m).

V = Velocidad al inicio de la maniobra de frenado (km/h).

f_l = Coeficiente de rozamiento longitudinal movilizado rueda-pavimento.

i = Inclinación de la rasante (en tanto por uno).

t_p = Tiempo de percepción y reacción (s).

Para efectos de diseño esta norma estipula que, para el cálculo de la distancia de parada, se considera la velocidad de proyecto perteneciente al tramo evaluado, y se establece un tiempo de percepción y reacción de 2 segundos.

Para las maniobras de frenado, se considera un coeficiente de rozamiento longitudinal movilizado (llamado f_l), el cual varía en función de las diferentes velocidades existentes. Los coeficientes de rozamiento se establecen teniendo en cuenta la obtención de desaceleraciones cómodas para el usuario a fin de detener el vehículo completamente ante la presencia de un obstáculo en tu trayecto de forma segura.

A continuación, se presenta la tabla donde recopila para cada velocidad, su coeficiente de rozamiento correspondiente.

TABLA 3.1.

COEFICIENTE DE ROZAMIENTO LONGITUDINAL MOVILIZADO (f_l) EN UNA MANIOBRA DE FRENADO.

V (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
f_l	0,432	0,411	0,390	0,369	0,348	0,334	0,320	0,306	0,291	0,277	0,263

Tabla 1: Tabla 3.1: Coeficiente de rozamiento (Norma de trazado 3.1-IC)

Además, se debe considerar la inclinación de la rasante: se tendrán distintos valores para este coeficiente en función de esto y la velocidad. En la siguiente gráfica, se puede observar esto.

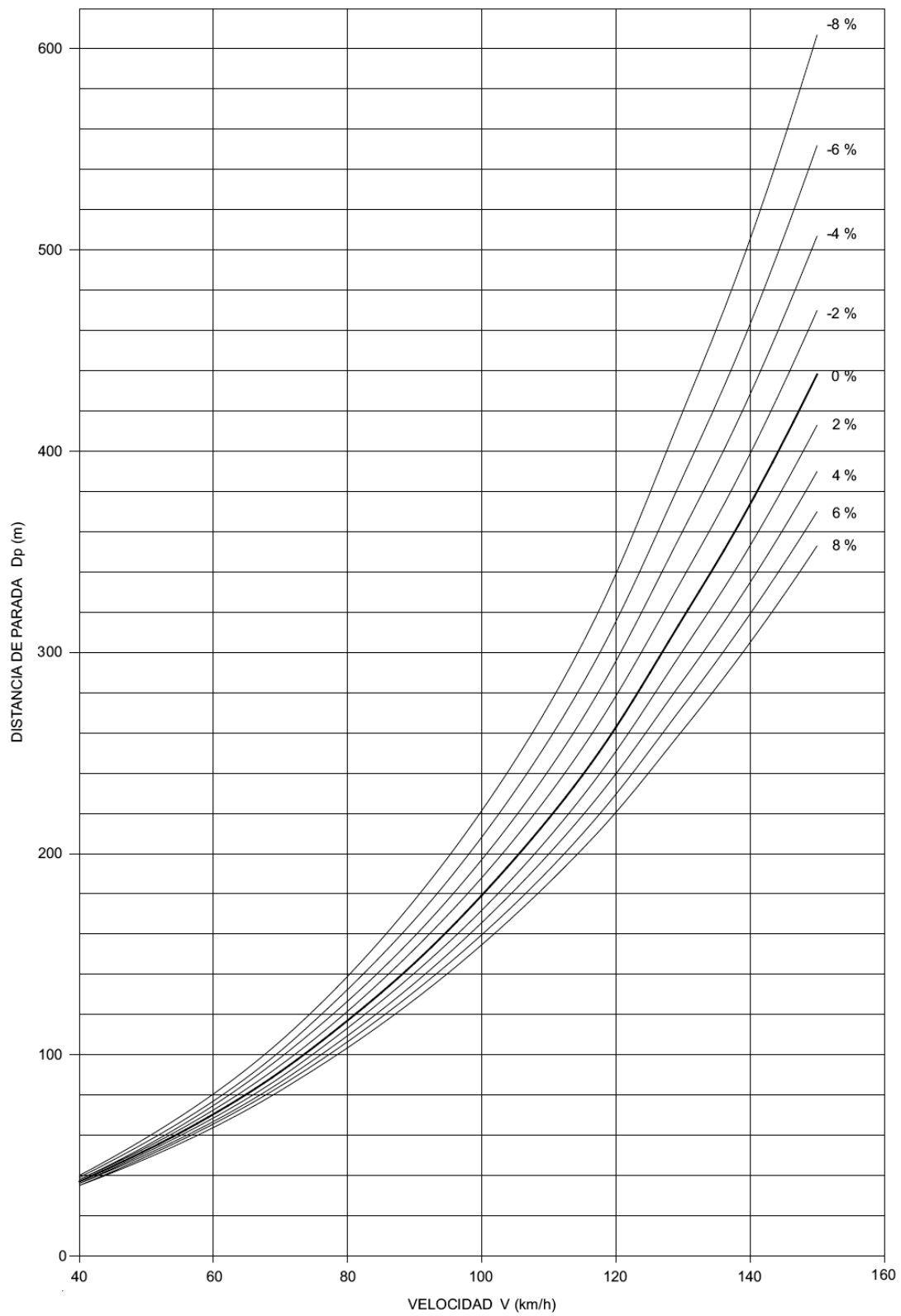


Ilustración 6: Gráfica velocidad – distancia de visibilidad de parada según pendientes (AASHTO)

La norma estadounidense posee por igual su propio método de cálculo para la distancia de parada:

$$d = 0,278Vt + 0,039 \frac{V^2}{a}$$

Ilustración 7: Expresión matemática para calcular la distancia de visibilidad de parada sin tomar en cuenta la pendiente (AASHTO)

Donde:

d = distancia de parada (m)

V = velocidad de diseño (km/h)

t = tiempo de percepción y reacción (s)

a = tasa de deceleración (m/s²)

La fórmula anterior se utiliza para condiciones donde la carretera es plana (pendiente igual a cero), por lo que para los casos donde la carretera no es plana, se incluye la pendiente en el cálculo anterior, y queda de la siguiente manera:

$$d = \frac{V^2}{254 \left(\left(\frac{a}{9,81} \right) \pm G \right)}$$

Ilustración 8: Expresión matemática para calcular la distancia de visibilidad de parada tomando en cuenta la pendiente (AASHTO)

Este componente sustituye al segundo sumando de la fórmula anterior.

Además, la norma estadounidense posee ya tabuladas las distintas distancias de parada para, tanto para condiciones planas como para condiciones con rampas y pendientes.

Table 3-1. Stopping Sight Distance on Level Roadways

Metric					U.S. Customary				
Design Speed (km/h)	Brake Reaction Distance (m)	Braking Distance on Level (m)	Stopping Sight Distance		Design Speed (mph)	Brake Reaction Distance (ft)	Braking Distance on Level (ft)	Stopping Sight Distance	
			Calculated (m)	Design (m)				Calculated (ft)	Design (ft)
20	13.9	4.6	18.5	20	15	55.1	21.6	76.7	80
30	20.9	10.3	31.2	35	20	73.5	38.4	111.9	115
40	27.8	18.4	46.2	50	25	91.9	60.0	151.9	155
50	34.8	28.7	63.5	65	30	110.3	86.4	196.7	200
60	41.7	41.3	83.0	85	35	128.6	117.6	246.2	250
70	48.7	56.2	104.9	105	40	147.0	153.6	300.6	305
80	55.6	73.4	129.0	130	45	165.4	194.4	359.8	360
90	62.6	92.9	155.5	160	50	183.8	240.0	423.8	425
100	69.5	114.7	184.2	185	55	202.1	290.3	492.4	495
110	76.5	138.8	215.3	220	60	220.5	345.5	566.0	570
120	83.4	165.2	248.6	250	65	238.9	405.5	644.4	645
130	90.4	193.8	284.2	285	70	257.3	470.3	727.6	730
					75	275.6	539.9	815.5	820
					80	294.0	614.3	908.3	910

Note: Brake reaction distance predicated on a time of 2.5 s; deceleration rate of 3.4 m/s² [11.2 ft/s²] used to determine calculated sight distance.

Tabla 2: Tabla para la determinación de la distancia de visibilidad de parada en carreteras planas (AASHTO)

Table 3-2. Stopping Sight Distance on Grades

Metric							U.S. Customary						
Design Speed (km/h)	Stopping Sight Distance (m)						Design Speed (mph)	Stopping Sight Distance (ft)					
	Downgrades			Upgrades				Downgrades			Upgrades		
	3 %	6 %	9 %	3 %	6 %	9 %		3 %	6 %	9 %	3 %	6 %	9 %
20	20	20	20	19	18	18	15	80	82	85	75	74	73
30	32	35	35	31	30	29	20	116	120	126	109	107	104
40	50	50	53	45	44	43	25	158	165	173	147	143	140
50	66	70	74	61	59	58	30	205	215	227	200	184	179
60	87	92	97	80	77	75	35	257	271	287	237	229	222
70	110	116	124	100	97	93	40	315	333	354	289	278	269
80	136	144	154	123	118	114	45	378	400	427	344	331	320
90	164	174	187	148	141	136	50	446	474	507	405	388	375
100	194	207	223	174	167	160	55	520	553	593	469	450	433
110	227	243	262	203	194	186	60	598	638	686	538	515	495
120	263	281	304	234	223	214	65	682	728	785	612	584	561
130	302	323	350	267	254	243	70	771	825	891	690	658	631
							75	866	927	1003	772	736	704
							80	965	1035	1121	859	817	782

Tabla 3: Tabla para la determinación de la distancia de visibilidad de parada en carreteras con pendiente (AASHTO)

Como es de esperarse, y fácilmente apreciarse, la distancia de parada será menor en rampas y mayor en pendientes (la acción de la fuerza de gravedad actuará a favor o en contra según sea el caso).

Cabe destacar que ambas normas permiten interpolar para los casos no tabulados, como es el caso de estudio en el presente trabajo.

Se puede observar que la norma estadounidense añade el término “G”, el cual representa la pendiente (valor negativo, es decir, bajada) y rampa (valor positivo, es decir, subida).

A primera vista, se puede ver que ambas fórmulas incluyen en sí mismas factores de conversión, con el fin de evitar confusiones y errores de cálculo; además facilita para el diseñador el proceso de análisis.

Una de las diferencias principales entre ambos métodos de cálculo es la elección del tiempo de percepción y reacción; para la norma española se toma un tiempo de 2 segundos, sin embargo, la estadounidense permite un tiempo mayor, de 2.5 segundos, por lo que al utilizar la AASHTO, se obtendrán valores mayores siempre en esta mitad del cálculo de la distancia de parada respecto a la norma española.

La norma estadounidense recopila estudios realizados con el fin de determinar el tiempo necesario para usarse en el cálculo de la misma, y lo explica de la siguiente manera:

El estudio de los tiempos de reacción realizado por Johansson y Rumar (1971) (...) se basó en datos de 321 conductores que esperaban aplicar sus frenos. El valor medio de tiempo de reacción para estos controladores fue de 0.66 s, con 10 por ciento usando 1.5 s o más. Estos hallazgos se correlacionan con los de estudios anteriores en que se alertó a los conductores, los cuales también fueron evaluados. Otro estudio (Technology., 1935) encontró 0.64 s como el tiempo de reacción promedio, mientras que el 5 por ciento de los conductores necesitaron más de 1 s. En un tercer estudio (Normann, 1953), los valores de tiempo de reacción de frenado variaron de 0.4 a 1.7 s. En el estudio de Johansson y Rumar (1971), cuando el evento que provocó la solicitud de los frenos fue inesperado, los tiempos de respuesta de los conductores aumentaron en aproximadamente 1 s o más; algunos tiempos de reacción fueron mayores a 1.5 s. Este aumento en el tiempo de reacción confirmó pruebas de laboratorio y de carretera anteriormente realizadas en las que se llegó a la conclusión de que un conductor que necesitaba 0.2 a 0.3 s de tiempo de reacción bajo condiciones de alerta necesitaría 1.5 s de tiempo de reacción bajo condiciones normales. (*A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, 2011)

Tales pruebas siguieron realizándose con el fin de afianzar los resultados, obteniendo lo siguiente:

Los tiempos mínimos de reacción de frenado para los conductores podrían ser por lo menos de 1.64 s, 0.64 s para los conductores alertados más 1 s para el evento inesperado. Debido a que los estudios discutidos anteriormente usaron señales simples preestablecidas, representan la menos compleja de las condiciones de la carretera. Incluso bajo estas simples condiciones, se encontró que algunos conductores tomaron más de 3.5 s para responder. Porque las condiciones reales en la carretera son generalmente más complejas que los estudios, y porque hay una gran variación en los tiempos de reacción del conductor, es evidente que el criterio adoptado para su uso debe ser mayor a 1.64 s. El tiempo de reacción de freno utilizado en el diseño debe ser lo suficientemente largo como para incluir los tiempos de reacción necesarios para casi todos los conductores bajo la mayoría de las condiciones de carretera. Tanto la investigación reciente (Fambro, Fitzpatrick, & Koppa, 1997) como los estudios documentados en la literatura (Johansson & Rumar, 1971), (Technology., 1935), (Normann, 1953) muestran que un tiempo de reacción de frenado de 2.5 s para detener situaciones de visión abarca las capacidades de la mayoría de los conductores, incluyendo los de los conductores mayores. El criterio de diseño recomendado de 2.5 s para el tiempo de reacción del freno excede el percentil 90 del tiempo de reacción para todos los controladores (...). (*A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, 2011)

Y es así como se determina el tiempo de 2.5 segundos para calcular la distancia que se recorre entre el instante en que se divisa al obstáculo y el instante en que se empieza a aplicar los frenos. Se puede resaltar de todo lo dicho anteriormente que el tiempo elegido es un tiempo que posee una especie de “factor de seguridad”, pues como se puede interpretar, el tiempo real que las investigaciones arrojaron es de 1.64 segundos, sin embargo, es evidente que utilizar resultados de laboratorio para ser aplicados a situaciones en carretera no es viable ni tampoco arroja resultados reales, pues nunca será posible predecir todas las posibles “casos escenarios” que pudieran ocurrir. Tal es la prueba de esto que, en unos casos, como se describe anteriormente, algunos conductores necesitaron hasta 3.5 segundos de tiempo de reacción.

Otro factor a destacar en ambos procedimientos de cálculo para la distancia de parada, es el uso de la aceleración, (o más desaceleración en este caso): en la AASHTO se utiliza un valor de desaceleración el cual varía en función de la rampa o pendiente (si la hay). Tal valor se fija en 3.4 m/s^2 , el cual se obtuvo de estudios previamente realizados.

Los estudios documentados en la literatura (Fambro et al., 1997) muestran que la mayoría de los conductores desaceleran a una velocidad superior a $4,5 \text{ m/s}^2$ [14.8 pies/s^2] cuando se enfrenta a la necesidad de detenerse por un objeto inesperado en la carretera. Aproximadamente el 90% de todos los conductores desaceleran a velocidades superiores a 3.4 m/s^2 [11.2 pies/s^2]. Tales desaceleraciones están dentro la capacidad del conductor para permanecer dentro de su carril y mantener el control de la dirección durante el frenado maniobra en superficies mojadas. Por lo tanto, 3.4 m/s^2 [11.2 pies/s^2] (una desaceleración cómoda para la mayoría de los conductores) es recomendado como el umbral de desaceleración para determinar la distancia de visión de parada. Implícito en la elección de este umbral de desaceleración es la evaluación que la mayoría de los sistemas de frenado del vehículo y el pavimento de los neumáticos los niveles de fricción de la mayoría de las carreteras son capaces de proporcionar una tasa de desaceleración de al menos 3.4 m/s^2 [11.2 pies/s^2]. La fricción disponible en la mayoría de las superficies de pavimento mojadas y las capacidades de la mayoría de los sistemas de frenado de vehículos puede proporcionar fricción de frenado que supera esta tasa de desaceleración. (*A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, 2011)

Sin embargo, la Norma 3.1-IC, opta por utilizar un coeficiente de rozamiento longitudinal movilizado rueda-pavimento, el cual se encuentra tabulado en la tabla 3.1 de la norma, y se escoge en función de la velocidad que lleva el vehículo en el instante que decide aplicar los frenos al ver un obstáculo en la carretera. Esto es de especial importancia, pues al analizar ambos procedimientos, se puede concluir que la normal española toma en consideración distintas fuerzas de frenado para cada velocidad, según esta última sea mayor o menor: es de esperarse, pues evidentemente la fuerza de frenado utilizada en una velocidad de 40 km/h no puede ser igual que en una velocidad de 140 km/h (referirse a la tabla 3.1 de la norma).

No empero, la norma estadounidense sí utiliza coeficientes de rozamiento trasversal para determinar el radio mínimo de una curva para una velocidad de diseño dada, acompañada del peralte máximo. Más adelante, se tratará este tema para ambas normas.

2.1.4. Normativa relacionada a la distancia de visibilidad de alcance

La distancia de visibilidad de alcance como tal no tiene definición ni metodología de cálculo en las normas utilizadas para la realización de este estudio de visibilidades. Para llevar a cabo el mismo, es necesario la aplicación de un nuevo término el cual permita explicar el fenómeno observado y estudiado en el presente trabajo, así como la obtención de un modelo matemático el cual arroje resultados reales y satisfactorios que puedan ser aplicados a realidad de este trabajo (la carretera en cuestión).

Se pudiera definir, como mezcla de la definición de distancia de visibilidad de parada con la visibilidad de parada disponible, pues como se puede observar más adelante en la parte de la metodología usada en esta investigación, requiere del cálculo de ambas componentes, tanto de la

distancia recorrida por el vehículo durante el tiempo de percepción y reacción como de la distancia en la que se desplaza el vehículo durante el tiempo de frenado. Pero en este caso, y como se verá más adelante, no es posible utilizar la fórmula matemática para el segundo componente de la distancia de visibilidad de parada, pues esta se aplica para los casos en que el objeto que se divide es estático, y en el caso de este estudio, se tiene un ciclista, es decir, un “objeto dinámico”, por lo que se debe tomar en cuenta el desplazamiento del ciclista durante los tiempos anteriormente citados, cosa que no se contempla en las normas previamente mencionadas.

Dicho todo esto, se tiene que la distancia de visibilidad de alcance es aquella en la cual, una vez se ve al ciclista en la carretera, y transcurrido el tiempo de percepción y reacción, se procede a aplicar los frenos, con el fin de igualar la velocidad de este, y evitar el alcance. Comparada esta distancia (compuesta por los factores mencionados en el párrafo anterior) con la visibilidad de parada disponible, se obtiene que en los casos donde la última es inferior a la primera, se produce el alcance con el ciclista.

Puesto que el modelo matemático a utilizarse para este estudio contempla los lineamientos de las normas anteriormente explicadas, pero no completamente, se requiere utilizar leyes de la cinemática, con el fin de explicar el movimiento del ciclista y, claro está, el movimiento del vehículo cuando desacelera desde su velocidad inicial hasta la velocidad del ciclista. Al analizar tales movimientos, se concluyó que el modelo que más se ajustaba a los mismos para este estudio era el representado por las “Ecuaciones cinemáticas para el movimiento de una partícula bajo aceleración constante”. (Raymond A. Serwey, 2004)

$$\begin{aligned}
 v_{xf} &= v_{xi} + a_x t \\
 x_f &= x_i + \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})t \\
 x_f &= x_i + v_{xi}t + \frac{1}{2}a_x t^2 \\
 v_{xf}^2 &= v_{xi}^2 + 2a_x(x_f - x_i)
 \end{aligned}$$

Ilustración 9: Ecuaciones cinemáticas para el movimiento de una partícula bajo aceleración constante. (Raymond A. Serwey, 2004)

Tales ecuaciones proveen una forma de estudiar y analizar los fenómenos producidos en esta investigación, en donde:

- La primera ecuación permite obtener la velocidad en función del tiempo.
- La segunda ecuación se refiere a la posición de un objeto a lo largo de un eje en función de la velocidad y el tiempo.
- La tercera ecuación se refiere a la posición de un objeto a lo largo de un eje en función del tiempo.
- Y la cuarta ecuación permite obtener la velocidad en función de la posición de un objeto a lo largo de un eje.

Es importante señalar que estas ecuaciones solo pueden ser usadas en los casos donde la aceleración es constante (tal es el caso de este trabajo, como se podrá observar más adelante).

2.2. Estudios existentes

2.2.1. Estudios sobre la visibilidad y distancia de parada

En términos generales, la investigación de Jung, Olsen, Hurwitz, Kashani, & Buker (2018)

tiene como objetivo entender cómo el cambio de esos factores puede afectar el porcentaje de incumplimiento en detener la visibilidad de parada disponible en un segmento de carretera (es decir, la parte del segmento donde los requisitos de distancia visual son no se cumplen), es un ejemplo claro donde se expone la necesidad de unas adecuadas visibilidades en la carretera.

Por otra parte, la visibilidad limitada es la principal causa de accidentes en los corredores de transporte. La investigación de estos casos mostró que prácticas específicas preventivas de seguridad podrían reducir el número de estas muertes. (Jung et al., 2018)

Como se ha visto anteriormente, se ha hecho la recopilación del estado del arte respecto a las visibilidades mencionadas y que se corresponden a este estudio desde el aspecto normativo.

Ahora bien, es necesario recopilar la información más actualizada en relación con las investigaciones hechas, tanto a nivel nacional como internacional, para así poder éstas servir de soporte a este trabajo.

De la parte normativa de las distancias de visibilidad y de visibilidad de parada, se puede concluir fácilmente que estas juegan un papel primordial para establecer condiciones de conducción seguras para los vehículos que transiten a velocidad de operación en las carreteras. Layton y Dixon (2012) presentan en su artículo de una manera clara y precisa la importancia de estas:

Los criterios de visibilidad de parada disponible tienen impacto en prácticamente todos los elementos del diseño de carreteras, muchos elementos de la operación/control, y recientemente, la implementación de administración de accesos. Las características de diseño geométrico de la calzada, la presencia de obstáculos a la vista en los bordes de las carreteras y las condiciones de la superficie del pavimento se fijan mediante requisitos de visibilidad de parada disponible. La naturaleza de los controles de tráfico y su ubicación debe tener en cuenta los requisitos de visibilidad de parada disponible. (...). (Layton & Dixon, 2012)

Siguiendo la misma línea en tema se seguridad, igualmente resaltan lo siguiente, tomando en cuenta que estipulan que una adecuada visibilidad debe ser provista para el 100% del sistema de las carreteras:

La operación segura de todas las instalaciones de la carretera, incluidas las intersecciones, requiere la consideración de tres elementos principales para operaciones de carreteras seguras: el conductor, el vehículo y la carretera. La comprensión y consideración de cada uno de estos elementos es necesaria para definir criterios de distancia de visión. (Layton & Dixon, 2012)

Cualquier carretera debería poder ofrecer seguridad de conducción. En este sentido, se valora especialmente que las carreteras puedan satisfacer las necesidades de los conductores de conducir con seguridad y generar una carga de trabajo adecuada. La visibilidad de parada disponible a lo largo de una carretera altera las expectativas de los conductores y la forma en que se percibe el entorno de conducción, lo que influye en su capacidad para ajustar la velocidad al conducir. El

diseño de la carretera debería ofrecer al conductor suficiente visibilidad para realizar maniobras de conducción como como frenado y adelantamiento, entre otros. (Altamira, Marcet, Graffigna, & Gómez, 2010)

Un elemento importante del diseño de la carretera es garantizar que la visibilidad de parada disponible en una carretera responda a las necesidades del conductor. Por ejemplo, si la visibilidad de parada disponible en cualquier punto de una carretera es menor que la distancia requerida para llegar a una parada completa después de ver un peligro (es decir, detener la distancia de visibilidad de parada), el conductor no podrá detenerse a tiempo para evitar una colisión. (Gargoum, Tawfeek, El-Basyouny, & Koch, 2018)

Si bien es cierto que el enfoque principal de esta investigación es la determinación de las visibilidades de alcance en la carretera dada, la razón de esta va de la mano del aspecto de seguridad de una carretera. Como la “seguridad” es, por lo general, una característica más bien cualitativa que cuantitativa en sí misma, eso no quiere decir que no se puedan utilizar métodos que puedan de una forma u otra representar en datos numéricos este factor, o más bien, que modelos matemáticos puedan ser interpretados en sus propios valores como una representación de qué tan segura es una carretera o tramo de esta. Layton y Dixon (2012) señalan que tal seguridad viene dada por tres componentes: la persona que conduce el vehículo (de aquí se puede resaltar el tiempo de percepción y reacción, el cual si bien es cierto puede ser diferente para cada persona, para fines de diseño se toma un valor estándar, tal y como se ha visto en el análisis de las normas española y estadounidense), el propio vehículo (la altura de visión vendrá dada por la propia altura del vehículo, que en camiones, si bien es cierto no forma parte de este estudio, es mayor; la velocidad de operación del vehículo; y la capacidad de desaceleración) y finalmente la carretera (aquí juegan un papel muy importante las rampas o pendientes, los coeficientes de fricción del pavimento con los neumáticos y también el peralte máximo).

Se deben tomar cuenta los factores humanos asociados con el desempeño del conductor tanto las habilidades físicas como las influencias psicológicas. El tamaño, el peso y el frenado la capacidad de los vehículos es de particular importancia para la operación segura y la parada de los vehículos. Las características del diseño geométrico de la carretera, los obstáculos a la vista en los bordes de las carreteras, la superficie del pavimento condición y las condiciones climáticas afectan la seguridad en la carretera y la visibilidad de parada disponible. Cada uno de estos elementos y sus interacciones dictan el desarrollo y especificaciones de criterios y estándares de visibilidad de parada disponible.

En su artículo, Layton y Dixon (2012) proporcionan una excelente introducción para la parte de estudios relacionados con las visibilidades en este estado del arte porque abarca de una forma clara y concisa los siguientes factores ya tratados a fondo en la parte normativa, y que servirán como eje transversal para la realización de esta sección del estado del arte:

- Tiempo de percepción y reacción
- Altura de visión del conductor
- Altura del objeto
- Velocidad de operación del vehículo

- Coeficiente de fricción del pavimento
- Tasas de desaceleración
- Rampas y pendientes de las carreteras

Además, su enfoque normativo, en especial la AASHTO (2011), le provee de incluso un mayor peso en importancia a esta investigación.

Tiempo de percepción y reacción

Si bien es cierto que se ha tratado el este tiempo desde el punto de vista normativo, es necesario también enfocarlo tomando como base aquellas investigaciones donde las visibilidades son analizadas y este (el tiempo de percepción y reacción) es estudiado. Así, varios estudios han verificado la validez de la elección del tiempo de 2.5 segundos en la normativa estadounidense para usarse como valor de diseño definitivo en la misma. De estos estudios, se pueden resaltar los 4 siguientes, en los cuales en el percentil 85 se tiene un máximo de 1.9 segundos y para el percentil 95, un máximo de 2.5 segundos.

	85th	95th
Gazis et al.	1.48	1.75
Wortman et al.	1.80	2.35
Chang et al.	1.90	2.50
Sivak et al.	1.78	2.40

Tabla 4: Relación de tiempos de percepción y reacción según distintos investigadores (Layton & Dixon, 2012)

En relación con lo visto anteriormente, el tiempo de percepción y reacción depende íntegramente del ser humano, por lo que varía de persona en persona. Layton & Dixon (2012) recopilan en su investigación una serie factores que influyen en esa variación, tales como:

La agudeza visual: La vista constituye la habilidad principal para poder operar y controlar un vehículo de una manera segura y confiable. Al momento de desarrollar criterios para la implementación de las distancias de visibilidad, es primordial tener en cuenta tanto el estado físico de la vista de la persona como su funcionamiento.

Habilidad visual del conductor mayor: La habilidad visual para conductores mayores de 65 años ha decaído entre un 20% a un 70% (Department of Transport, 2010). Por lo que poder detectar detalles en señales de tránsito, marcas en la carretera y elementos geométricos en y alrededor de la misma, puede representar un reto para este tipo de conductores.

Capacidad de memoria de trabajo: Arteriales de gran volumen y alta velocidad con múltiples puntos de acceso, numerosos puntos de conflictos, aperturas en medianas, peatones y el control del tráfico pueden proporcionar una carga de trabajo que grava la capacidad de memoria de trabajo. A medida que aumenta la velocidad y el volumen, los conductores prestan menos atención a las actividades en la periferia del borde de la carretera, por lo tanto, las funciones de gestión de acceso requieren tiempos de percepción-reacción más largos. (Layton & Dixon, 2012)

Mente humana como procesador secuencial: A medida que la complejidad de la carretera aumenta, se debería poder tener tiempos de percepción y reacción aumentan, y esto a su vez crea situaciones de poca seguridad y operaciones ineficientes de vehículos.

Expectativas del conductor: Los conductores no sólo operan a través de una carretera en base a la información que se tiene de antemano (reportes sobre la misma, señales verticales y horizontales, entre otras) sino que también, mediante la acumulación de experiencias pasadas hábitos e incluso entrenamiento de aprendizaje, pueden operar en las carreteras desarrollando expectativas de cómo podría variar el diseño de éstas. Por lo que en los casos en donde la realidad podría entrar en conflicto con las expectativas del conductor, se puede producir un aumento en este tiempo.

En esta misma línea, se puede destacar a (Gargoum et al., 2018), quienes en su investigación tienen como objetivo entender cómo el cambio de factores tales como el humano, vehículo y la propia pueden afectar el porcentaje de incumplimiento en la distancia de visibilidad de parada en un segmento de carretera (es decir, la parte del segmento donde los requisitos de visibilidad de parada disponible no se cumplen).

Altura de visión del conductor

En función de qué tanto más alto o bajo esté la línea de visión del conductor, afectará en mayor o menor medida la capacidad de visualizar antes o después cualquier obstáculo en la carretera; esto último influye notablemente la posible distancia de visibilidad de parada que el conductor pueda necesitar, independientemente de la visibilidad de parada disponible que pueda existir en el tramo que se esté recorriendo, lo que podría resultar en accidentes para los peores casos escenario.

En función de lo establecido anteriormente, determinar una altura representativa para la mayoría de la población vehicular y aplicable a la gran parte de posibles condiciones de conducción vehicular que se puedan producir en la realidad, conlleva análisis de campo extensos y precisos.

No forma parte del alcance de este trabajo la investigación de este factor, sin embargo, sí existen investigaciones que recopilan de forma extensiva tales mediciones.

Se puede destacar como una de las más recientes investigaciones en estudios de visibilidad la de Ungría & García (2015), en la cual se trata el tema de la altura considerada para observador, en donde se hace una comparación entre las normas tratadas en este trabajo (AASHTO y Norma 3.1-IC), en donde, de forma resumida, se tiene que para el observador, la altura es de 1.10 m (norma española), y de 1.08 m (norma estadounidense).

La vigente Instrucción de Carreteras 3.1 IC establece que la visibilidad de parada disponible debe ser medida en cada carril siguiendo una línea equidistante a 1,50 m del borde exterior de la calzada, con el observador y el obstáculo situados a 1,10 m y 0,20 m respectivamente, mientras que la AASHTO establece una altura de observador y obstáculo de 1,08 m y 0,60 m respectivamente, midiéndose por el centro del carril, y aceptándose que esta medición pueda ser suficiente realizarla por el centro de la calzada en muchos casos. La guía colombiana coincide en alturas con la española, sin embargo, no especifica la posición dentro de la calzada en la que debe llevarse a cabo la medición, aunque de los gráficos que se adjuntan se intuye que deba realizarse por el centro del carril en cada sentido de circulación. (Ungría & García, 2015)

Otros investigadores (Todd, Bui, Tavassoli, & Krauss, 2017), desarrollaron métodos para cuantificar la altura de observador, en donde veintidós participantes (13 hombres y 9 mujeres; edad media = 40.4 años, SD = 10.5) fueron reclutados para llevar a cabo las mediciones. La estatura variaba de 1.55 a 1.90 m, con un promedio de aproximadamente 1.74 m. Todos los participantes residían en los Estados Unidos, y tenían experiencia conduciendo vehículos de pasajeros.

Utilizando 5 vehículos de diferentes alturas, los participantes procedieron a sentarse cómodamente en los asientos del conductor, con el fin de obtener las distintas medidas necesarias para llevar a cabo el estudio. Mediante la siguiente ecuación, y los datos obtenidos de las mediciones, se pudo obtener los resultados necesarios para concluir la misma.

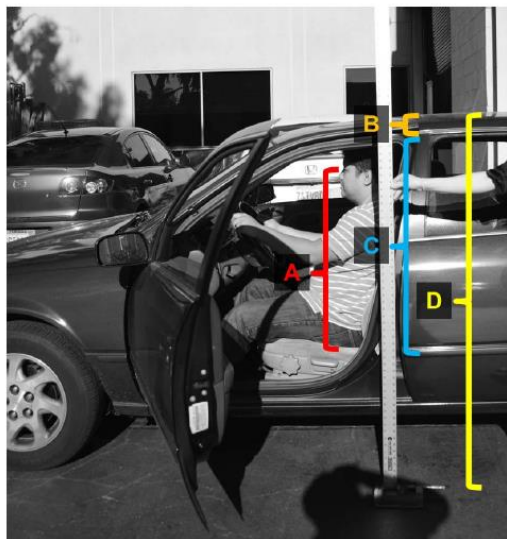


Ilustración 10: metodología para la medición de la altura de visión del conductor (Todd et al., 2017)

Este estudio obtiene como resultado las siguientes medidas:

Vehículo	1	2	3	4	5
Calculada (m)	1.18	1.25	1.42	1.44	1.59
Observada (m)	1.18	1.25	1.42	1.43	1.58

Tabla 5: resultados del estudio de (Todd et al., 2017)

Es importante notar cómo el valor mínimo obtenido de este estudio es superior por 8 cm al valor de diseño utilizado en la norma española y, por lo tanto, mayor que el de la estadounidense. Esto se debe a que ambas optan por utilizar valores ajustados a la seguridad del conductor con el fin de proporcionar mayor fiabilidad al momento de obtener resultados sobre las visibilidades existentes en una carretera.

Velocidad del vehículo

Es importante destacar que, al momento de hablar de visibilidades en una carretera, se debe tomar en cuentas la velocidad. Sin embargo, existen distintas velocidades: velocidad de diseño, velocidad de operación, velocidad específica, entre otras solo por nombrar algunas de las más importantes.

Para el desarrollo de este trabajo, se trabajará precisamente sobre estas tres ya mencionadas, y que se definen de la siguiente manera:

Velocidad de diseño: La velocidad de diseño es una velocidad seleccionada y utilizada para determinar las diversas características de diseño geométrico de la carretera. La velocidad de diseño seleccionada debe ser lógica con respecto a la velocidad de operación, topografía, el uso del suelo adyacente y la clasificación funcional de la carretera. En la selección de velocidad de diseño, se deben hacer todos los esfuerzos posibles para lograr la combinación deseada de seguridad, movilidad y eficiencia dentro de las restricciones de calidad ambiental, economía, estética e impactos sociales o políticos. Una vez se selecciona la velocidad de diseño, todas las características pertinentes de la carretera deberían estar relacionadas con ella para obtener un equilibrio de diseño. (*A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, 2011)

Velocidad de operación: La velocidad de operación es la velocidad a la que se observa que los conductores manejan sus vehículos en condiciones de circulación libre. El percentil 85 de la distribución de velocidades observadas es la medida de uso más frecuente de la velocidad de operación asociada con una ubicación particular o característica geométrica. (*A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, 2011)

Velocidad específica: la velocidad específica de una curva circular (V_e): Velocidad que puede mantener un vehículo a lo largo de una curva circular considerada aisladamente, en condiciones de comodidad y seguridad, cuando encontrándose el pavimento húmedo y los neumáticos en buen estado, las condiciones meteorológicas, del tráfico y legales son tales que no imponen limitaciones a dicha velocidad. (*Instrucción de Carreteras. Norma 3.1-IC*, 2016)

De este modo, ya definidas cada tipo de velocidad, se puede entender que cada una posee un papel importante a jugar en la determinación de las visibilidades.

Autores como Altamira et al. (2010) tratan el tema de la velocidad de operación señalando que cambios precipitados en la misma pueden explicar la ocurrencia de muchos accidentes en la carretera. Incluso, y es de vital importancia señalar que, tal y como es el caso de la carretera de estudio en este trabajo, en las carreteras rurales donde hay velocidades de diseño bajas podrían tener configuraciones en el alineamiento que promuevan grandes variaciones en las velocidades de operación de esta, lo que a su vez produce aumentos en la posibilidad de ocurrencia de accidentes. En este sentido, es importante hacer diseños que, no solo respondan a las necesidades del conductor, sino que también tengan en cuenta las diferencias entre la velocidad de diseño y las velocidades de operación.

De esta forma, y respecto a las visibilidades en cuestión, se puede interpretar que estas influyen sobre la elección de velocidad de operación por parte de los usuarios de la carretera, pues determina qué tanto pueden o no visualizar a lo largo de un tramo de carretera (una curva circular, por ejemplo), para así poder ajustar la velocidad a su conveniencia e interpretación.

Es esencial explicar que, viendo las fórmulas para el cálculo de la visibilidad de parada disponible de parada, la velocidad varía de forma cuadrática, por lo que incluso si la velocidad percibiera un aumento pequeño, la distancia de visibilidad de parada variará exponencialmente.

Tasas de desaceleración y coeficientes de rozamiento longitudinal

Tanto la norma española como la estadounidense tienen sus metodologías para determinar el valor de diseño a usar en lo que se refiere a las tasas de desaceleración y cómo los coeficientes de rozamiento longitudinal afectan a estas.

En lo que a las tasas de desaceleración se refiere Gargoum et al. (2018) en su estudio analiza este tema separando dos tipos de condiciones: favorable y desfavorable. En el caso desfavorable, en donde se tienen condiciones de buena fricción, se tiene segmentos de carreteras rectos, pavimento tanto seco como mojado, y el vehículo de estudio elegido posee llantas en buen estado, siendo este un vehículo turismo. Por el otro lado, las condiciones desfavorables incluyen situaciones donde la distancia de visibilidad de parada se desarrolla en segmentos de carretera con pendientes o en curvas (tal es el caso de estudio de este TFM), y las condiciones del pavimento son, en general, pobres; todo esto se puede traducir a condiciones de tracción malas.

Este estudio, asignó para cada condición una tasa de desaceleración: para la condición favorable, el valor es de 5.4 m/s^2 , y en el caso de condición desfavorable, se tiene una tasa de 4.2 m/s^2 . Estos valores se presentan como valores totalmente distintos a los utilizados en la norma estadounidense, la cual utiliza una tasa de 3.4 m/s^2 . La importancia de las investigaciones de estos autores recae precisamente en esta diferencia, pues como es de esperarse, se obtendrán resultados de visibilidad de parada distintos a los que arrojarían cálculos con la norma de Estados Unidos.

Teniendo en cuenta este, y otros factores que los autores tomaron en consideración para sus análisis (como el factor humano), obtuvieron los resultados siguientes:

Cuando los factores humanos se integran en el análisis (...) los resultados muestran que una parte sustancial de los segmentos analizados no cumple con los requisitos de visibilidad de parada disponible. En 5 de los 7 analizados la tasa de incumplimiento de segmentos supera el 9.62% con un promedio de 14.8% para los 5 segmentos. Al considerar los 7 segmentos, el porcentaje promedio de incumplimiento cae al 11.2%. (...) las carreteras 20 y 55 tuvieron las tasas más altas de incumplimiento. El porcentaje de incumplimiento en la autopista 20 fue de un 20.2%. En términos de longitud real, esto se traduce en casi 2 km de los 9,6 km analizados que no cumplen con la visibilidad de parada requerida. En la autopista 55, el porcentaje de incumplimiento fue de un 17.6% (más 700 m de los 4 km analizados). Cuando se compara con los requisitos teóricos de la distancia de visibilidad de parada de la AASHTO, la tasa más alta de incumplimiento en los segmentos analizados fue del 6,6%. (...). En promedio, el porcentaje de incumplimiento en los segmentos analizados con respecto a la AASHTO fueron 3.1%. Esto es razonable teniendo en cuenta el hecho de que las carreteras están diseñadas para cumplir requisitos de la distancia de visibilidad de parada de la AASHTO (...). De los 7 segmentos de carretera propensos analizados, la autopista 88 fue la única perfectamente compatible con los requisitos de distancia de visibilidad de parada AASHTO (...), aunque vale la pena señalar que el análisis de segmentos de la autopista 5 y la autopista 22 también tenían un bajo incumplimiento tasas de 0.98% y 0.6%, respectivamente. (Gargoum et al., 2018)

Con relación al coeficiente de rozamiento, es importante destacar que este depende de varios factores tales como la presencia de agua, las características de la llanta y el propio estado del

pavimento. Para determinar la resistencia que el pavimento tiene al deslizamiento, se debe tener en cuenta tanto la micro-textura como la macro-textura de este. La micro-textura se refiere a la capacidad de adherencia que existe entre la capa superficial del pavimento y la llanta, pero también forman parte de esta las partículas finas y la textura de la superficie. Por lo que la macro-textura, entonces, se provee mediante la textura de los agregados de mayor tamaño.

La presencia de agua, aceite y finos también reduce la resistencia al deslizamiento. La contaminación por aceites de carretera, las partículas y el polvo acumulados y otros desechos crean una superficie de succión cuando las lluvias ligeras los hacen flotar sobre la superficie. La suspensión de hojas y otros desechos vegetativos también reducen la resistencia al deslizamiento.

Los altos volúmenes de humedad en la superficie también pueden provocar deslizamiento en agua. El hidroplaneo ocurre cuando la película de agua de profundidad suficiente hace que el neumático salga de la superficie.

2.2.2. Estudios sobre el despeje lateral en carreteras

La visibilidad a lo largo del lado interior de una curva horizontal puede ser a veces restringida por excavaciones cuesta abajo, muros de contención, estructuras y otros obstáculos. (Bassan, 2016)

Uno de los criterios para la gestión de seguridad en el diseño de caminos y carreteras es la provisión de visibilidad de parada disponible (VPD). Esta se define como la distancia que debe disponerse en una carretera o camino, tal que el conductor siempre tenga la visibilidad suficiente para realizar maniobras en forma segura. Este concepto está relacionado con la velocidad, las características dinámicas de los vehículos y la capacidad de los conductores para realizar maniobras, particularmente las maniobras de parada y de adelantamiento. (Echaveguren, Tejeda, Paredes, Perret, & Method, 2003)

De acuerdo con los autores anteriores, la provisión de visibilidad se considera eliminando los obstáculos laterales, tales como barreras, taludes, árboles u otros elementos, conformando así una zona despejada adyacente al radio interior de las curvas. De este modo el conductor que ingresa a una curva (o a un conjunto de curvas), siempre cuenta con la visibilidad de parada necesaria.

En otras investigaciones llevadas a cabo en Chile, (Echaveguren et al., 2003) se pueden resaltar sus instrucciones de diseño, las cuales consideran la visibilidad en curvas horizontales únicamente a través de la estimación de un máximo despeje lateral, el cual se localiza en el punto medio de la curva (sea esta curva circular o curva circular con arcos de enlace).

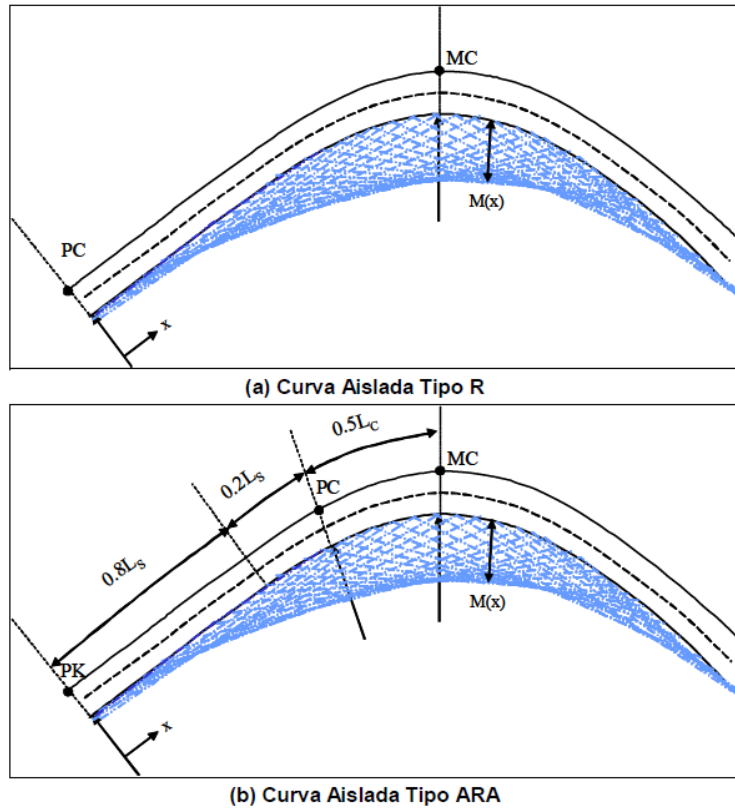


Ilustración 11: variables de cálculo de despeje lateral en curvas aisladas (Echaveguren et al., 2003)

En su investigación, (Castro & De Santos-Berbel, 2015) realizan un análisis extensivo sobre la visibilidad de parada disponible en carreteras, y cómo esta se ve afectada por diversos factores, relacionándola con la distancia de visibilidad de parada. Mediante el uso de herramientas informáticas (GIS), pudieron determinar las distancias de visibilidad disponibles, utilizando casos de estudio reales (accidentes ocurridos en la zona), aplicando su propia metodología y evaluando cómo algunos aspectos de la carretera (como el despeje lateral de la misma), jugaron un papel importante en la ocurrencia de los propios accidentes.

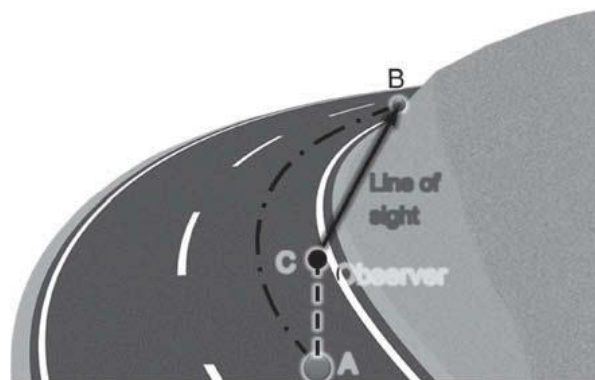


Ilustración 12: esquema de metodología para la medición de la visibilidad

Se debe resaltar el hecho de que el valor crítico (máximo) del espacio libre lateral se determina típicamente en el medio de la línea de visibilidad.

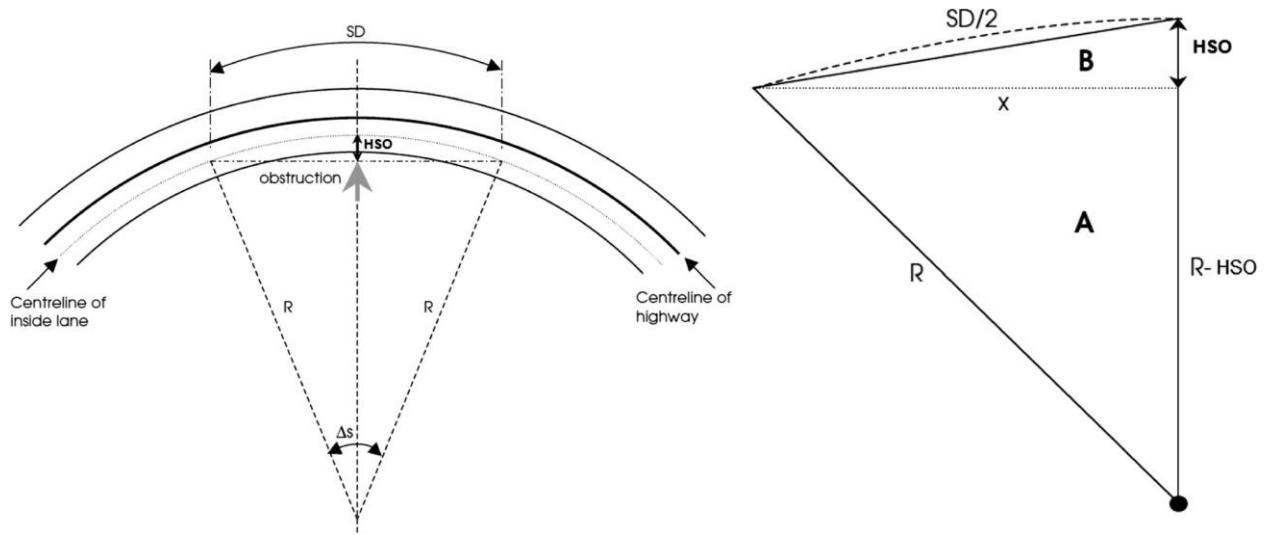


Ilustración 13: esquema para la medición de la visibilidad

En el estudio de (Peng, Geedipally, & Lord, 2012), se analizan un determinado número de variables con el fin de determinar el efecto de éstas en los accidentes de carreteras. Una de ellas es el despeje lateral, en donde encontraron que a medida que éste aumenta, la probabilidad de accidentes de alta severidad disminuye. Esto se puede comprobar en la siguiente gráfica que estos autores desarrollan:

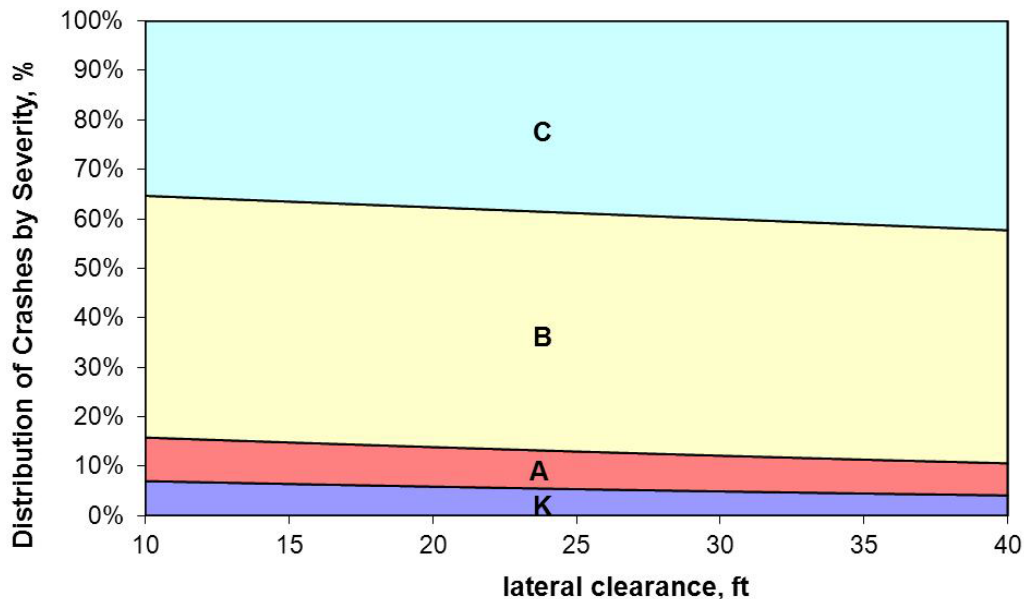


Ilustración 14: gráfica comparativa entre el despeje lateral y accidentalidad (Peng et al., 2012)

En vista de que se expone, mediante la recopilación de investigaciones llevadas a cabo por distintos autores alrededor de mundo, que el despeje lateral de carreteras, en los tramos curvos, es de vital

importancia al momento de determinar las visibilidades necesarias para esta. De esta forma, y con el fin de evitar problemas ocasionados por un mal despeje lateral, (Bassan, 2016) propone un método de cálculo para ésta: un cálculo aproximado del despeje lateral requerido entre la línea central del carril interior y una potencial obstrucción a lo largo de la curva horizontal se puede realizar como una función de la distancia de visión, y el radio de la curva horizontal. (Bassan, 2016)

También es importante mencionar que la existencia de vegetación puede limitar considerablemente la visibilidad de parada disponible en una carretera (específicamente en un tramo curvo de esta). Algunos autores (Nasiri & Pourmajidian, 2014) muestran en sus investigaciones que la presencia de cierto tipo de vegetaciones hace que la medición de la visibilidad de parada disponible sea una tarea complicada pues algunas especies poseen crecimientos de sus ramas y elementos un tanto abiertos e incluso en algunos casos, logran adentrarse dentro de los carriles de la carretera.



Ilustración 15: ejemplo de condiciones forestales en una carretera donde la visibilidad se ve afectada por esta (Nasiri & Pourmajidian, 2014)

En este sentido, llegan a la conclusión de que las curvas horizontales en todos los caminos forestales se presentarán como el arco de un círculo que tiene un radio preseleccionado. Para la mejor alineación, se debe seleccionar el radio más grande posible, consistente con las limitaciones topográficas y la economía de la construcción. (Nasiri & Pourmajidian, 2014)

En función de lo mostrado en las investigaciones mencionadas anteriormente, (Bassan, 2016) se determina que si el radio de la curva horizontal no concuerda con la visibilidad de parada requerida para una velocidad de diseño específica debido a una obstrucción local o continua (vegetación, cuesta abajo excavación, muro de contención y barrera de seguridad a lo largo del mediana o más allá del hombro derecho) cuya altura excede la de la obstrucción crítica, el diseñador podría considerar aumentar el radio horizontal (...).

Otros autores, mediante sus propias metodologías de cálculo, concluyen que el efecto de la pendiente longitudinal se manifiesta con más intensidad en la magnitud del despeje lateral en la medida que las velocidades de operación aumentan: Para velocidades bajas el efecto de la

pendiente longitudinal es poco significativo y para velocidades altas es más significativo. (Echaveguren et al., 2003)

2.2.3. Estudios sobre altura de obstáculos en la carretera

La altura del objeto que se ha utilizado para obtener la visibilidad de parada disponible ha sido de 6 pulg. (150 mm) desde 1965. Los estándares han requerido que un conductor pueda ver y detenerse antes de golpear un objeto de 6 pulg. (150 mm) de altura en todas partes en la carretera. (Layton & Dixon, 2012)

Otros autores (Fitzpatrick, Lienau, & Fambro, 1998) llevaron a cabo su investigación de alturas de objeto con el fin de actualizar los valores previamente usados. Los cuales se utilizaron para recomendar una altura del ojo del conductor de 1080 mm para fines de diseño. Este valor representa el 90 por ciento de los valores de altura del ojo del conductor y un porcentaje aún mayor de la flota total del vehículo, porque los automóviles tienen los valores más bajos de altura del ojo del conductor y representan menos de dos tercios de la flota total del vehículo.

De igual forma, otras investigaciones (Kahl & Fambro, 1995) señalan que algunos otros investigadores han cuestionado las suposiciones y las variables utilizadas en el modelo de distancia de visibilidad de parada porque no parecen representar una situación realista del mundo real cuando se combinan en el modelo existente. Estipulan que la altura elegida de diseño de 1.5 m debe ser cuestionable ya que no se basó en la probabilidad de encontrar dicho objeto en el entorno de la carretera.

Existen numerosas investigaciones que han llevado a cabo sus propios experimentos para defender la elección de alturas de objeto distintas a la elegida por la AASHTO, entre algunas de ellas se puede resaltar:

	<u>2001 & 2011</u> <u>AASHTO</u>	<u>2009</u> <u>CALTRANS</u>	<u>2001</u> <u>ODOT</u>	<u>2011</u> <u>WSDOT</u>
Object for stopping sight distance	2.0 ft. (600 mm)	0.5 ft. (150 mm)	0.5 ft. (150 mm)	0.5 ft. (150 mm)

Tabla 6 relación de distintas alturas de objeto propuestas por distintos autores

No empero, y como se ha establecido antes, este estudio se limita a analizar las visibilidades de la carretera en cuestión mediante los requisitos de diseño que establece la AASHTO.

2.2.4. Estudios sobre ciclistas en carreteras convencionales

La importancia de determinar las visibilidades es con el fin de determinar la ocurrencia de alcances en los distintos tramos de la carretera estudiada.

Ya habiendo visto que las normativas que competen a este trabajo no recopilan en gran manera la temática de la conducción de bicicletas en carreteras convencionales, es necesario revisar la literatura actual y disponible relacionada a esto.

Algunos autores (Marín Puchades et al., 2018) analizan la temática comparando la situación ciclista en países que por un lado tienen amplias instalaciones para el ciclismo, las cuales llevan a cabo altas divisiones modales, y relacionan esto con una baja tasa de mortalidad para los ciclistas; y, por otro lado, determinaron que las mayores tasas de mortalidad se encuentran en países sin instalaciones separadas y bajas cuotas de división modal. Esto se traduce a que los ciclistas, al no contar con las infraestructuras necesarias para su circulación, se ven en la necesidad de compartir la carretera con los vehículos de motor.

En España, donde las instalaciones específicas para ciclistas (es decir, carriles para bicicletas) son inusuales en la mayoría de ciudades, los ciclomotores y ciclistas frecuentemente comparten el mismo espacio y, probablemente, los mismos patrones de conducción, con relación a otros usuarios de la carretera. (Martínez-Ruiz et al., 2013)



Ilustración 16: ejemplos de ciclistas en vías con tránsito de vehículos de motor

En otros países, (Bíl, Bílová, & Müller, 2010) indican que fuera de los asentamientos, los ciclistas pueden viajar junto con los vehículos de motor solo en las vías de una clase baja (1era. a 3era. clase), con el límite de velocidad normalmente establecido en 90 km/h. Hay muchas secciones estrechas en las carreteras, especialmente las de tercera clase. Por ejemplo, el ancho mínimo de una carretera de tercera clase se define como 5,5 m, que puede causar problemas para adelantar a un ciclista.

Además, en su investigación (Boufous et al., 2012) señalan un dato de suma importancia: si bien es cierto que la mayoría de los accidentes donde se ven involucrados los ciclistas ocurren en las áreas urbanas (es evidente, pues es donde generalmente se encuentra la mayor concentración de ciclistas), es en las áreas rurales donde los accidentes ocurren con mayor gravedad (lesiones serias y mayor tasa de mortalidad). Y esto se debe en gran medida a que los ciclistas, como se ha mencionado anteriormente, no solo viajan con los vehículos de motor, sino que estos últimos viajan por igual a velocidades mayores (los límites de velocidad urbanos son mucho menores que en el ámbito rural/interurbano).



Ilustración 17: señalización para el límite de velocidad en distintas vías

Sin embargo, y tomando en consideración todo lo anterior, las ventajas del ciclismo (competencias, turismo, mejor salud) prevalecen sobre la posibilidad de la ocurrencia de accidentes con lesiones de todo tipo o incluso mortalidad.

Dentro del análisis hecho a las normativas referentes a las visibilidades, se explicó a fondo la relación que tienen los factores humanos dentro del tiempo de percepción y reacción, y este a su vez afecta directamente a la visibilidad de parada (depende totalmente de ella). Entre los factores humanos, (Martínez-Ruiz et al., 2013) se señala que la capacidad de adquirir visualmente un objeto en la carretera va de la mano con la edad (a mayor vejez, menor capacidad de visión). Así, los autores llegan a la conclusión de que una de las causas de las colisiones entre vehículos de motor y ciclistas es no poder tener suficiente visión en las maniobras de cualquier tipo en una carretera al momento de evitar accidentes con ciclistas.

Para colisiones entre un ciclista y otro vehículo, las características del conductor también jugaron un papel importante. La influencia de mayor edad del conductor puede estar relacionado con el mismo factor como el propuesto para los ciclistas, es decir, una menor capacidad para percibir estímulos visuales. La disminución de la agudeza visual es un particular determinante en situaciones complejas como intersecciones o giro, en el que la probabilidad de colisionar con un ciclista es alta. (...). (Martínez-Ruiz et al., 2013)

De esta forma, queda claro que existen diferentes investigaciones sobre ciclistas, cada una con enfoques distintos y, por consiguiente, con resultados independientes los unos de los otros. Uno de esos resultados, obtenido por el Departamento de Transporte de Estados Unidos, determinó que la frecuencia de colisiones y las colisiones por milla de vehículo indican que las carreteras rurales de dos carriles tenían el mayor número de accidentes, incluso después de la exposición del vehículo se tuvo en cuenta.

Otro resultado del estudio de esta institución muestra que las carreteras de dos carriles tenían las mayores necesidades de mejoras de seguridad debido a su alto contenido en frecuencias de choque y tasas de accidentes por milla de vehículo.

En su investigación, (Bíl et al., 2010) llegan a la conclusión de que, como es de esperarse, Los conductores de automóviles causan casi el doble de lesiones fatales a los ciclistas que los ciclistas

se hacen a sí mismos (598 vs. 370). Y señalan además que las más fatales de estas situaciones se producen cuando el conductor del automóvil está acelerando.

La investigación de (Boufous, De Rome, Senserrick, & Ivers, 2012) estudia el ciclismo en carreteras de una manera similar al estudio mencionado anteriormente, en donde muestra que la mayoría de los choques ciclistas reportados a la policía (90%) involucró a otro vehículo. De igual forma, también investigaron la naturaleza de los accidentes, demostrando que el más frecuente grupo de accidentes de ciclistas involucraron vehículos que viajaban en la misma dirección (22.7%), incluidos los alcances y adelantamientos, seguido de aquellos que involucran vehículos que viajan en direcciones adyacentes en las intersecciones (21.8%).



Ilustración 18: ejemplo de conflicto entre ciclista y vehículo de motor

Naturalmente, en investigaciones llevadas a cabo por (Boufous et al., 2012), se demuestra que la probabilidad de sufrir lesiones graves aumentó con el incremento en límites de velocidad en carretera con el riesgo de lesiones graves un 51% mayor cuando los accidentes se produjeron en carreteras con límites de velocidad de 100 km/h o más en comparación con los que se producen en carreteras con velocidades límites de 40-50 km/h. El autor indica también que existe una relación directamente proporcional entre la gravedad de las lesiones sufridas por ciclistas y los límites de velocidad de carreteras.

En este sentido, esta investigación realiza un análisis que resulta de real importancia para este TFM, y es que demuestra que los choques de ciclistas que ocurrieron en secciones curvas de la carretera poseen un 86% más de probabilidades de provocar lesiones severas al ciclista en comparación con aquellos que ocurrieron en secciones rectas de la carretera. Comparado con los accidentes ocurriendo en áreas urbanas, aquellas que ocurrieron en áreas rurales fueron 28% más probabilidades de provocar lesiones graves.

Otro dato importante que señalar, el cual resulta ser bastante curioso, es que (Tin Tin, Woodward, & Ameratunga, 2013) en su investigación, muestran que mientras que muchos ciclistas se sienten más seguros en un grupo que solo. Estos descubrieron que los participantes que alguna vez viajaron en un grupo tenían un mayor riesgo de choque.

Pese a todo lo expuesto anteriormente, algunos autores (Marín Puchades et al., 2018) consideran que, con la implementación de medidas, se puede mitigar esta problemática, mediante el fortalecimiento de políticas que hagan la circulación de ciclistas “más amistosa”, y señalan que

tales acciones deben ser llevadas a cabo por las instituciones y responsables competentes en la materia. En su investigación, indican que para lograr eso se deben implementar más intervenciones tanto desde la infraestructura (dirigiéndose a los ciclistas más en señalización de tráfico y en planificación urbana, construcción de instalaciones para el ciclismo) y la gestión del tráfico (por ejemplo, aumentar áreas de tráfico tranquilo), así como con respecto a las actitudes y el comportamiento hacia los ciclistas, que han sido considerados por ellos mismos como cruciales para su propia seguridad.

Otras medidas propuestas por (Bíl et al., 2010) en su investigación sobre la relación entre el ciclismo y la accidentalidad en República Checa son:

- Construcción de carriles bici en lugares con frecuentes accidentes a lo largo de las carreteras estrechas puede reducir la proporción de lesiones y muertes
- Reducir el límite de velocidad para automóviles en estas secciones.

En otros países, como Estados Unidos, el Departamento de Transporte propone por igual sus propias soluciones para mejorar la situación actual:

- Proporcione un espacio de pavimento marcado para ciclistas (ubicaciones con anchura pavimento adecuada)
- Agregue el arcén pavimentado

De igual manera, (Boufous et al., 2012) muestran en su estudio que con el fin de disminuir la accidentalidad es necesario separar los ciclistas del tráfico de alta velocidad, destinando carriles exclusivos para bicicletas en tramos donde la velocidad supere los 60 km/h.

Siguiendo esta misma línea, otros autores (Tin Tin, Woodward, & Ameratunga, 2013) pudieron demostrar que el uso de luces redujo el riesgo de accidentes en el camino.

Finalmente, se puede observar que la mayoría de los estudios apuntan como causa principal a los vehículos y sus conductores, pero (Martínez-Ruiz et al., 2013) contrastan la imagen que habitualmente se tiene de los ciclistas, en donde estos son inocentes en los accidentes, resultando siempre como la parte vulnerable. En su estudio, se revela que muchos ciclistas (y sus bicicletas) desempeñan un papel activo en los accidentes y comparten la mayoría de los factores de riesgo descrito para conductores de vehículos motorizados. Por lo tanto, sugieren que se deben adoptar medidas para mejorar la seguridad del medio del ciclismo las cuales deben ir acompañadas de soluciones destinadas a controlar los factores relacionados con ciclistas y bicicletas (incluida información, educación, legislación y sanción), como se hace actualmente para otros vehículos y sus conductores.

2.3. Accidentalidad relacionada con la conducción de bicicletas en carreteras

Tal y como se expresa más adelante en el apartado de objetivos de este trabajo, la seguridad de los ciclistas es el eje fundamental del mismo.

Así, se vuelve necesario aportar documentación que exponga el estado de la seguridad en la conducción de bicicletas tanto a nivel internacional, como a nivel nacional.

La evidencia muestra países y las ciudades con amplias instalaciones de ciclismo tienen el ciclismo más alto acciones divididas modales y las tasas de mortalidad más bajas (Pucher, 2001; Pucher y Dijkstra, 2000). Esos países y ciudades sin facilidades separadas tener bajas cuotas de división modal y tasas de mortalidad mucho más altas (Buehler y Dill, 2016; Pucher y Dijkstra, 2000). Sin embargo, en regiones emergentes de ciclismo donde los ciclistas crecen rápidamente en número, los ciclistas se ven obligados a compartir la carretera con vehículos motorizados debido al subdesarrollo de la infraestructura ciclista (por ejemplo, Pucher et al., 2011). Los ciclistas en el área urbana pueden tener que elegir entre (1) ciclo dentro de situaciones de tráfico mixto con menor tiempo de viaje, (2) ciclo en carriles para bicicletas o rutas segregadas con un tiempo de viaje más largo, y (3) utilizar otros medios de transporte. (Marín Puchades et al., 2018)

Un resultado interesante (...) es el mayor riesgo de causar una colisión para los usuarios de ciclomotores en comparación con los conductores de automóviles de pasajeros. En España, donde instalaciones específicas para ciclistas (es decir, carriles para bicicletas) son inusuales en la mayoría ciudades, ciclomotores y ciclistas frecuentemente comparten el mismo manejo medio ambiente y, probablemente, los mismos patrones de conducción, con relación a otros usuarios de la carretera. (Martínez-Ruiz et al., 2013)

Fuera de los asentamientos, los ciclistas pueden viajar junto con los vehículos de motor solo en las vías de una clase baja (1 ° a 3 ° clase), con el límite de velocidad normalmente establecido en 90 km/h. Hay muchas secciones estrechas en las carreteras, especialmente las de tercera clase. Por ejemplo, el ancho mínimo de una carretera de tercera clase se define como 5,5 m, que puede causar problemas para adelantar a un ciclista. (Bíl, Bílová, & Müller, 2010)

Mientras que una mayor proporción de accidentes de ciclistas ocurren en áreas urbanas en las áreas urbanas, aquellas que ocurren en áreas rurales son más probables conducir a una lesión grave. La mayor severidad de lesiones de los ciclistas involucrados en choques en áreas rurales en comparación con áreas urbanas es probable en parte debido a las mayores velocidades de viaje de todos los vehículos en áreas de zonas rurales. (Boufous, De Rome, Senserrick, & Ivers, 2012)

Sin embargo, independientemente de la prevalencia de ciclismo, los beneficios para la salud obtenidos de ciclismo superaran las posibles lesiones adicionales o muertes por accidentes (Holm et al., 2012; Lindsay et al., 2011; Rojas-Rueda et al., 2012). (Tin Tin, Woodward, & Ameratunga, 2013)

La asociación del envejecimiento con colisiones causadas por un ciclista con otro vehículo puede estar relacionado con una menor capacidad para visualizar los factores involucrados en maniobras que no sean viajar normalmente con la dirección de tráfico (es decir, cruzando una intersección), en el cual colisión con otro vehículo es más probable. (Martínez-Ruiz et al., 2013)

Para colisiones entre un ciclista y otro vehículo, las características del conductor también juegan un papel importante. La influencia de mayor edad del conductor puede estar relacionado con el mismo factor como el propuesto para los ciclistas, es decir, una menor capacidad para percibir estímulos visuales. La disminución de la agudeza visual es un particular determinante en situaciones complejas como intersecciones o giro, en el que la probabilidad de colisionar con un ciclista es alta. (...). (Martínez-Ruiz et al., 2013)

En caso de choques de bicicletas, la frecuencia de colisiones y las colisiones por milla de vehículo indican que las carreteras rurales de dos carriles tenían el mayor número de accidentes, incluso después de la exposición del vehículo se tuvo en cuenta. (U.S. Department of Transportation, n.d.)

Un examen de los choques rurales por clase de carretera muestra que en los caminos rural de dos carriles tienen las mayores necesidades de mejoras de seguridad debido a su alto contenido de transporte de materias primas, frecuencias de choque y tasas de accidentes por milla de vehículo. (U.S. Department of Transportation, n.d.)

Los conductores de automóviles causan casi el doble de lesiones fatales a los ciclistas que los ciclistas se hacen a sí mismos (598 vs. 370). Se identifican como las más fatales esas situaciones cuando el conductor del automóvil está acelerando. (Bíl et al., 2010)

La mayoría de los choques ciclistas (90%) involucró a otro vehículo. La mayoría (83.7%) involucró el tipo de automóvil vehículos (automóviles, SUV, utilitarios y camiones ligeros), el 3.6% involucró a vehículos y el 1.4% involucró a otros ciclistas. Choques de un solo vehículo constituyeron el 6,4% de los choques ciclistas denunciados a la policía. Los movimientos de los usuarios muestran que el más frecuente grupo de accidentes de ciclistas involucran vehículos que viajan en la misma dirección (22.7%), incluidos los bloqueos de deslizamiento trasero y lateral, achicado por aquellos que involucran vehículos que viajan en direcciones adyacentes en las intersecciones (21.8%). (Boufous et al., 2012)

La probabilidad de sufrir lesiones graves aumenta con el incremento en límites de velocidad en carreteras con el riesgo de lesiones graves en un 51% mayor cuando los accidentes se producen en carreteras con límites de velocidad de 100 km/h o más en comparación con los que se producen en carreteras con velocidades límites de 40-50 km/h. (Boufous et al., 2012)

Un estudio también encontró que la gravedad de la lesión de los ciclistas involucrados en accidentes de tráfico aumentó proporcionalmente con los límites de velocidad la carretera. Los límites de alta velocidad también se han encontrado previamente dentro de las casusas que aumentan el riesgo de accidentes ciclistas, así como lesiones graves y fatales (Adbdel-Aty et al., 2007; Stone y Broughton, 2003; Bíl et al., 2010). (Boufous et al., 2012)

Los choques de ciclistas que ocurren en secciones curvas de una carretera poseen un 86% más de probabilidades de provocar lesiones severas de ciclista en comparación con aquellos que ocurren en secciones rectas de la carretera. Comparado con los accidentes ocurriendo en áreas urbanas, aquellas que suceden en áreas rurales poseen 28% más de probabilidad de provocar lesiones graves. (Boufous et al., 2012)

En comparación con las carreteras rectas, las carreteras con tramos curvos poseen la probabilidad de aumentar significativamente las lesiones graves en los ciclistas involucrados en choques de tráfico en un 86%. Existen resultados similares en el estudio de choques de ciclistas resultantes de colisiones con otros vehículos por parte de Kim et al. (2007) que argumentaron que los hallazgos podrían ser explicados por visibilidad reducida y capacidad para controlar la bicicleta o el vehículo. (Boufous et al., 2012)

Mientras que muchos ciclistas se sienten más seguros en un grupo que solo (O'Connor y Brown, 2010), nuestros hallazgos mostraron que los participantes que alguna vez viajaron en un grupo tenían un mayor riesgo de choque. (Tin Tin et al., 2013)

2.3.1. A nivel internacional

A continuación, se muestran algunos ejemplos de países los cuales poseen distantes perspectivas de seguridad respecto al tema en cuestión.

Alemania

El caso de la seguridad y siniestralidad en Alemania es interesante ya que como bien es sabido, este es un país que posee varios fabricantes de grandes marcas de automóviles, tales como Volkswagen, Daimler-Benz, Audi, Porsche, BMW, además de que tiene una alta tasa de parque vehicular, y la inclusión de la “cultura ciclista” es bastante reciente en relación a otros países. Sin embargo, la positiva implantación de políticas de la promoción de la bicicleta, que han logrado situar a Alemania como uno de los países mejor acondicionados para el uso de la bicicleta en tan poco tiempo (Copenhagenize Design Co., 2015).

No empero de lo anterior, y teniendo en cuenta que según diversos estudios (Statisisches Bundesamt, 2011) los accidentes de los ciclistas son en su mayoría causados por otros usuarios de las carreteras, los planificadores en materia ciclista de la ciudad, tienen como objetivo intensificar sus esfuerzos para proteger a los ciclistas de los vehículos a motor mediante la implementación de más políticas y programas a favor del uso de la bicicleta.

Dinamarca

Dinamarca es una de los países pioneros en la implantación y uso de bicicletas como medio de transporte. Su geografía y clima ayuda a situarlo en tal puesto.

Copenhague es la ciudad con mayor número de ciclistas en Dinamarca. Es importante señalar que la seguridad en ciclistas se ve apoyada gracias a la inversión que realiza esta ciudad en la creación de infraestructuras destinadas a la circulación de bicicletas. Además, se la probabilidad de accidentes se ve disminuida gracias a las actuaciones de mantenimiento y mejora en los puntos críticos de las vías de transporte.

Otro factor clave para asegurar la seguridad de los ciclistas en las carreteras es la educación vial a tempranas edades, con el fin de facilitar la inserción del uso de bicicletas en la ciudad.

Países Bajos

Por lo que respecta a la seguridad, resulta interesante la filosofía que se tiene en cuanto al ciclista, llegando a afirmar que “los ciclistas no son peligrosos, los coches y conductores de automóviles lo son”, lo que implica que los conductores de vehículos sean casi siempre responsables cuando se produce una colisión con una bicicleta y que deban adaptarse a éstas en cuestiones tan fundamentales como la velocidad cuando comparten la vía (Ministerio de Transportes, Obras Públicas y Gestión del Agua, Dirección General de Transporte de Pasajeros, Países Bajos, 2007).

Se deduce de lo dicho por el Ministerio de Transportes de este país que la mayoría del tráfico en las vías son ciclistas y que, por ende, los conductores de vehículos de motor deben adaptarse a esta realidad. El Centro de Estudios de Seguridad Vial de la Universidad de Valencia, en su “Análisis de la siniestralidad en ciclistas” destaca el punto siguiente: “...el uso de la bicicleta conduce a la modificación de conducta por parte de todos los participantes de tráfico, ya que los ciclistas son los que más abundan en el panorama general de las carreteras y aumenta el número de usuarios con experiencia en este tipo de transporte.” (“Análisis de la siniestralidad en ciclistas,” 2014). Y de este punto, cabe destacar una idea importante: la conducta de tanto los ciclistas como de los conductores. Si bien es cierto que la “conducta” no es una variable fácilmente determinable, puesto que varía de persona en persona, en este caso representa el factor determinante en la seguridad para los ciclistas. Resulta primordial señalar en este caso que este factor es determinante debido al número de ciclistas en relación al de conductores de vehículos de motor: al representar los ciclistas la mayoría de los usuarios de las vías de transporte, resulta lógico que incluso estas vías favorecen la conducción de bicicletas sobre la de cualquier otro medio de transporte.

Todo lo anterior, se traduce en que la seguridad ciclista se debe a su predominancia en las carreteras de los Países Bajos y, por lo tanto, se produzca una noción cultural de seguridad en función de esto. Así, la accidentalidad se ve disminuida gracias a la concientización de los usuarios de la carretera.

Por otra parte, disminuir la accidentalidad en ciclistas es posible al verse reducido el parque vehicular, lo que hace que la probabilidad de producirse un accidente de la naturaleza ciclista-vehículo de motor sea inferior.

...Casi todos los conductores de coche también son ciclistas (el 60% de los holandeses utilizan la bicicleta al menos tres veces a la semana, y el 80% al menos utiliza este tipo de vehículo una vez a la semana), lo que trae como consecuencia que los conductores de automóviles sepan cómo comportarse en la convivencia de los vehículos con motor y las bicicletas. (“Análisis de la siniestralidad en ciclistas,” 2014).

2.3.2. A nivel nacional

De acuerdo con la Dirección General de Tráfico, en el 2017, los usuarios de las bicicletas se vieron implicados en 8.065 accidentes en los que fallecieron 78 ciclistas, 694 resultaron heridos hospitalizados y 7.035 fueron heridos no hospitalizados. Los accidentes se produjeron mayoritariamente en vías urbanas (72%), donde también se produjo la mayoría de los heridos no hospitalizados ciclistas, el 71%. Sin embargo, el número mayor de ciclistas fallecidos se produjo en vías interurbanas, 49 fallecieron en este tipo de vía, frente a los 29 en urbana.

Los hombres son los que han sufrido mayoritariamente las consecuencias de los accidentes de tráfico en bicicleta: 73 de los 78 fallecidos en bicicleta eran hombres, como lo eran el 87% de los heridos hospitalizados y el 82% de los heridos no hospitalizados.

En el año 2017, el grupo de edad de 65 a 74 años es el que presenta la cifra más elevada de fallecidos en bicicleta (17), seguido del de 75 y más (13) y 45 a 64 (12). En el caso de los heridos

hospitalizados, los grupos de edad donde hubo una cantidad mayor de este tipo de heridos fueron el de 45 a 54 años (22%) y el de 35 a 44 años (20%).

En 2017 ha habido 11 ciclistas fallecidos más que en 2016; distribuidos de la siguiente forma: 9 ciclistas más en vías interurbanas y 2 más en vías urbanas. En cuanto a los ciclistas que resultaron heridos hospitalizados ha habido una disminución del 50%.

Tipo de vía	Accidentes con víctimas		Fallecidos*	Heridos hospitalizados		Heridos no hospitalizados	
	Número	%	Número	Número	%	Número	%
Vías interurbanas	2.257	28%	49	338	49%	2.074	29%
Vías urbanas	5.808	72%	29	356	51%	5.001	71%
Total	8.065	100%	78	694	100%	7.075	100%

*No se muestra la distribución porcentual, por ser el número total inferior a 100.

Tabla 7: relación de accidentalidad en ciclistas según el tipo de vía

Sexo	Fallecidos*	Heridos hospitalizados		Heridos no hospitalizados	
	Número	Número	%	Número	%
Hombres	73	601	87%	5.799	82%
Mujeres	5	89	13%	1.203	17%
Sin especificar		4	1%	73	1%
Total	78	694	100%	7.075	100%

*No se muestra la distribución porcentual, por ser el número total inferior a 100.

Tabla 8: relación de accidentalidad en ciclistas según sexo

Grupo de edad	Fallecidos*	Heridos hospitalizados		Heridos no hospitalizados	
	Número	Número	%	Número	%
0-14	4	27	4%	357	5%
15-24	3	92	13%	1.159	16%
25-34	7	76	11%	1.202	17%
35-44	9	142	20%	1.493	21%
45-54	12	154	22%	1.146	16%
55-64	12	95	14%	753	11%
65-74	17	63	9%	388	5%
75 y más	13	30	4%	133	2%
Sin especificar	1	15	2%	444	6%
Total	78	694	100%	7.075	100%

*No se muestra la distribución porcentual, por ser el número total inferior a 100.

Tabla 9: relación de accidentalidad en ciclistas según grupo de edad

Tipo de vía	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Variación 2017/2016
Vías interurbanas	43	43	49	37	53	45	54	48	40	49	9
Vías urbanas	11	13	18	12	19	24	21	10	27	29	2
Total	54	56	67	49	72	69	75	58	67	78	11

Tabla 10: relación de accidentalidad en ciclistas según el tipo de vía por años

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

El objetivo general y principal de esta investigación de Trabajo de Fin de Máster (TFM), tal y como se puede distinguir de su título, es el siguiente:

- Analizar las visibilidades disponibles y requeridas para la circulación segura de ciclistas en el puerto de montaña de la carretera CV-25. Tramo Olocau-Cumbre del Puerto de Chirivilla (Valencia).

3.2. Objetivos específicos

Para llevar a cabo la realización del objetivo general de este Trabajo de Fin de Máster (TFM), se requiere cumplir con los siguientes objetivos específicos:

- Definir las velocidades de diseño en cada curva según criterios AASHTO y Norma 3.1-IC
- Definir la distancia de visibilidad de parada normativa según criterios AASHTO y Norma 3.1-IC
- Definir visibilidad de parada disponible según lectura MDT
- Analizar la influencia del trazado en planta, el trazado en alzado, y en especial la existencia de taludes en ladera sobre las visibilidades.
- Comparar y verificar el cumplimiento de las distancias de parada
- Analizar las distancias de alcance según velocidades de operación en curvas

4. Hipótesis

A continuación, se enumeran las hipótesis que funcionan como punto de partir para esta investigación, y que, mediante el desarrollo de la metodología, se comprobarán las mismas:

- a) La diferencia de velocidad entre los vehículos de motor y los ciclistas que circulan en los tramos de la carretera objeto de estudio es una de las principales razones de la accidentalidad que se produce en la misma.
- b) Al igual que la diferencia de velocidad entre vehículo y ciclista, los despejes laterales, específicamente los que se encuentran en la franja interior de las curvas en el sentido ascendente de los PKs (sentido Sur-Norte), representan también otra de las principales razones de la accidentalidad en la carretera de estudio, ya que limitan la visibilidad en estas curvas.
- c) La accidentalidad (la cual se representará como un porcentaje del cumplimiento normativo respecto a las distancias de visibilidad y de parada) será mayor en aquellas curvas donde despeje lateral se encuentre en la franja interior de la curva.
- d) La posición del ciclista a lo ancho de la sección transversal de un tramo dado de la carretera de estudio puede afectar la visibilidad que el conductor pueda tener del mismo, siendo esta mayor cuando el ciclista se encuentre en la franja exterior de la curva y menor en la franja interior.

5. Metodología

Como se ha indicado anteriormente, el objeto de este estudio es analizar, atendiendo a las velocidades de operación de los ciclistas y a las velocidades específicas de la carretera, las distancias de visibilidad de alcance requeridas y compararlas con las disponibles en un tramo real de puerto de montaña habitualmente frecuentado por ciclistas.

En este apartado, se detallan cada uno de los procesos llevados a cabo con el fin de realizar el objeto de este estudio. Desde el inicio de la recolección de los datos pertinentes a todos los cálculos necesarios para poder definir y determinar esta nueva distancia, la distancia de visibilidad de parada, la cual siendo el factor guía que permitirá establecer los criterios de seguridad de los tramos analizados y será explicada en los siguientes apartados con lujo de detalle, hasta el análisis de ese dato en cuestión. Tales procesos son los siguientes:

- Recolección de datos
- Restitución de trazado
- Obtención de velocidades de diseño
- Obtención de distancias de visibilidad
- Obtención de distancias de visibilidad de parada
- Obtención de distancias de visibilidad de alcance

Así, una vez establecida la metodología a seguir, es posible entender cómo las distantes variables juegan cada una un papel determinante al momento de llevar a cabo los distintos análisis necesarios para realizar este trabajo.

5.1. Recolección de datos

Es importante señalar que los datos de velocidad de los ciclistas fueron tomados y depurados por el Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC) perteneciente al Instituto del Transporte y Territorio de la Universitat Politècnica de València, al igual que la restitución geométrica y obtención de los estados de alineaciones y rasantes, previamente al desarrollo del presente trabajo. A pesar de esto, al formar parte fundamental para llevar a cabo el presente estudio, a continuación, se incluye la explicación del procedimiento previo desarrollado por el GIIC.

Con el fin de centrarse en el objeto de la investigación, los datos recopilados por el GIIC fueron las velocidades de los ciclistas en función de las diferentes pendientes de los distintos tramos estudios. No empero, si bien es cierto que los tramos de carreteras en los cuales se hizo la toma de datos no son los mismos contemplados en el presente estudio, sí poseen relevancia y su uso es extrapolable pues las condiciones de ambos estudios son similares desde el punto de vista del diseño geométrico de carreteras: las pendientes encontradas tanto en este estudio como en el estudio de (Gómez, 2016) son de naturaleza accidentada (entre 6% y 8%), son carreteras de montaña, las velocidades de diseño y operación son semejantes (entre 80 km/h y 100 km/h dependiendo de los tramos), entre otras características.

La recolección de los datos necesarios para poder determinar las velocidades de los ciclistas en función de la pendiente longitudinal de los tramos de estudio se llamó a cabo mediante la recopilación de datos naturalísticos de los ciclistas.

Para poder realizar esta tarea, se procedió a buscar ciclistas voluntarios con el fin de contar con información que se aproximara a la realidad en la mayor medida de lo posible, y que la obtención de la misma se pudiera tener a través de los que el GIIC dispone.

Los datos se tomaron en dos salidas en días de fin de semana, puesto que es cuando los ciclistas deportivos y recreativos suelen salir a la carretera y realizar sus etapas. En concreto, se tomaron datos los sábados 06-06-2015 y 14-11-2015.

El estudio planteó realizar dos salidas por los siguientes motivos:

- Tener el mayor número de datos posible.
- Utilizar la primera salida como prueba piloto para realizar mejoras en el diseño de la toma de datos (realimentación de la metodología propuesta inicialmente).
- Caracterizar más secciones de carretera distintas, por lo que se debía intentar que cada una de las salidas se realizara en tramos de carretera diferentes.
- No depender de una única salida que, en caso de errores en los aparatos de medición u otros problemas, podían suponer no poder realizar adecuadamente el estudio.
- Disponer de características de tráfico ciclista y del resto de vehículos motorizados en diferentes épocas del año (en este caso fue en verano y otoño).

La peña ciclista elegida fue “ExUPV-Xtension”, por cercanía de relación con José Manuel Campoy-Ungría, profesor de la UPV, personal del GIIC y tutor de este trabajo.

La recolección de datos se planteó de tal manera que interfiriera lo menos posible en los hábitos de conducción de los ciclistas y que no estuvieran condicionados por la misma. Los días de salida y las rutas fueron elegidos dentro del calendario anual previsto por la peña. En dichos calendarios la peña especificaba las rutas aproximadas que se iban a realizar cada día del año con las poblaciones y vías de paso y las longitudes aproximadas.

La elección del día se decidiría al azar verificando que las carreteras que conformaban la ruta cumplían las características necesarias para realizar el estudio.

Los tiempos de circulación y descanso de cada ruta también serían elegidos libremente por los ciclistas.

Se pretendía recopilar datos de la trayectoria que realizaban los ciclistas y de la interacción con los vehículos a motor, desde el punto de vista de la bicicleta. Los datos se recogerían mediante la instrumentalización de las bicicletas de los voluntarios con mini-cámaras HD equipadas con GPS. De esta manera, la trayectoria quedaría registrada con la posición de latitud y longitud generada por el GPS a lo largo del tiempo y el comportamiento de los ciclistas y la interacción con otros vehículos con los vídeos grabados con la cámara.

Las mini-cámaras HD que se utilizaron corresponden al modelo VIRB ELITE del fabricante de cámaras deportivas GARMIN. Sus funciones principales consisten en registro de ruta GPS y grabación de vídeo con sonido en alta definición (resolución máxima de 1920 x 1080) y hasta 12 fps (fotogramas por segundo). Además, dispone de otras funcionalidades adicionales como acelerómetros de 3 ejes, la posible grabación en distintos modos (ojo de pez, zoom ampliado, etc.) y la sincronización de variables del ciclista mediante sensores (como la cadencia del ciclista, el pulso cardiaco, la temperatura, etc.).

La decisión de cómo instalar la cámara fue estudiada con detenimiento. En un primer momento se planteó disponer en cada bicicleta de una cámara dirigida hacia atrás sujeta al sillín y otra dirigida hacia delante sujeta al manillar, para grabar en vídeo tanto los eventos que sucedían en la parte trasera del ciclista como en la parte delantera.

Se pensó cómo colocar la cámara para conseguir la máxima visualización de los eventos que sucedieran y perder la menor cantidad de información posible. Para ello, se probó a orientar la cámara ligeramente hacia el lado de la carretera con diferentes ángulos de colocación de la cámara medidos en planta, como se puede observar en la Figura 5 y en la Figura 6.

Para cada una de las salidas se dispuso de hasta un máximo de 16 cámaras GARMIN VIRB ELITE con sus correspondientes soportes.

Se ideó realizar una pequeña encuesta a los ciclistas participantes al comienzo de la etapa para posteriormente analizar si las características propias de cada ciclista y su condición física influían en las variables del estudio. Los participantes debían firmar una aceptación voluntaria de participación en la toma de datos del proyecto y se pensó que en ese momento sería una buena ocasión para realizar la encuesta. Los datos que se propusieron para preguntar fueron:

- Número de cámara que correspondía a cada ciclista.
- Peso, edad, estatura y sexo del ciclista.
- Peso de la bici del ciclista.
- Kilómetros aproximados al año.
- Una media de las salidas por semana.

Con estos datos se tenía una idea somera de las características físicas y de la experiencia y condición física de cada ciclista.

5.2. Restitución de trazado del tramo Olocau-Cumbre del Puerto de Chirivilla

Con el fin de determinar las visibilidades disponibles y requeridas para la circulación segura de ciclistas, este trabajo se inicia con la realización de la restitución de los tramos a analizarse, los cuales son:

- Tramo 1: Olocau-Gátova

Este tramo consta de una longitud de 10.18 km, comenzando en el PK-9+746.793 y termina en el PK-19+939.404. Este tramo tiene un total de 128 curvas, de las cuales 64 son curvas a derecha, y las 64 restante son curvas a izquierda, en el sentido Sur-Norte. Este tramo se clasifica por su

orografía como accidentado debido a que sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8% (si bien es cierto que existen pendientes longitudinales tan bajas como del 0%, se tienen otras de hasta un 9.5% en las longitudes predominantes). Respecto a los radios de las curvas, al ser una carretera de montaña tipo accidentada, éstos varían notablemente: desde los más pequeños siendo de 20 metros hasta los más pronunciados de más de 1600 metros.



Ilustración 19: foto aérea del poblado de Olocau

- Tramo 2: Gátova-Puerto de Montaña Chirivilla

Este tramo consta de una longitud de 3.98 km, comenzando en el PK-0+000 y termina en el PK-3+978.705. Este tramo tiene un total de 84 curvas, de las cuales 44 son curvas a derecha, y las 40 restante son curvas a izquierda, en el sentido Sur-Norte. Este tramo se clasifica por su orografía como accidentado debido a que sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8% (si bien es cierto que existen pendientes longitudinales tan bajas como del 0%, se tienen otras de hasta un 7.5% en las longitudes predominantes). Respecto a los radios de las curvas, al ser una carretera de montaña tipo accidentada, éstos varían notablemente: desde los más pequeños siendo de 12 metros hasta los más pronunciados de más de 300 metros.



Ilustración 20: foto aérea del poblado de Gátova

La restitución geométrica de los tramos de carreteras convencionales identificados fue realizada a partir de la metodología propuesta por Camacho-Torregosa et al. (2015). Esto permitió obtener diferentes variables geométricas e índices de trazado para cada curva y recta de los tramos de carretera estudiados.

La restitución de las secciones de carretera se hizo empleando el programa CLIP de TOOL, S.A. Programa de diseño con un módulo especializado que permite dibujar el trazado de carreteras en planta, en alzado, la sección transversal, los peraltes, la obra lineal con los terraplenes y desmontes que hay que hacer en caso de que la carretera sea nueva e incluso la visibilidad de la misma teniendo en cuenta el terreno real en el que está emplazada.

Para poder realizar la restitución de la geometría de los tramos de estudio, se necesitó la ortofoto de los lugares en los que estaban emplazadas las carreteras. Esta ortofoto de alta precisión procede del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) y tiene una resolución de 25 cm por píxel.

Mediante el programa CLIP de TOOL, S.A., sobre la ortofoto se dibujó el trazado en planta de la carretera mediante una polilínea que reflejaba el eje de la calzada con la mayor precisión posible según la calidad que tuviera la ortofoto.

La separación entre los distintos puntos de la polilínea fue un aspecto importante a considerar: ya que la representación gráfica debía ajustarse lo más posible a la realidad, lo más recomendable era que los puntos estuvieran muy cerca unos de otros principalmente en el caso de las curvas y más separados en las rectas. Hubo que tener cuidado porque en ocasiones era difícil identificar ciertas

curvas de radios muy amplios siendo fácil que estas se consideraran como rectas y la precisión no fuera la adecuada. En caso de duda, lo más conveniente era dibujar con una densidad de puntos elevada.

Una vez localizados los puntos de inicio y fin de los tramos en las ortofotos correspondientes, se procedió a representar el eje teniendo en cuenta que, en el caso de las rectas, los puntos podían tener una separación mayor, a diferencia de las curvas, en las que para obtener una buena precisión era necesario que estuvieran más juntos.



Ilustración 21: estacionamiento para el modelizado digital de la carretera CV-25

Posteriormente, las coordenadas (x,y) del eje obtenidas en el programa Autodesk CIVIL 3D se exportaron al programa REVEL. De esta forma, se transformaron las coordenadas y se obtuvieron sus datos metro a metro, luego mediante el diagrama de azimuts se obtuvo una alineación preliminar del trazado en planta.

Por último, mediante un segundo ajuste por algoritmos genéticos se obtuvo los estados de alineaciones definitivos.

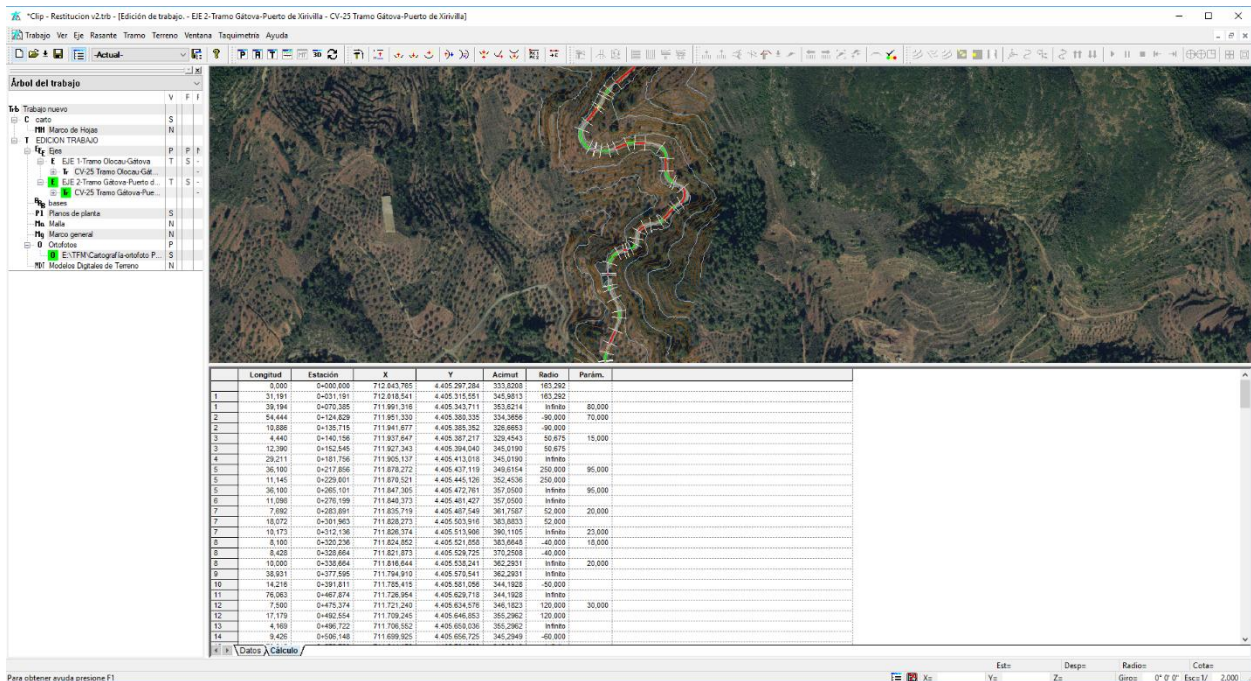


Ilustración 22: entorno de trabajo del programa CLIP TOOL, S.A. (1)

Atendiendo a la restitución en alzado, se emplearon las nubes de puntos de la cartografía LIDAR del terreno con una densidad de 0,5 puntos/m² que proporcionan información altimétrica con una precisión de 20 cm.

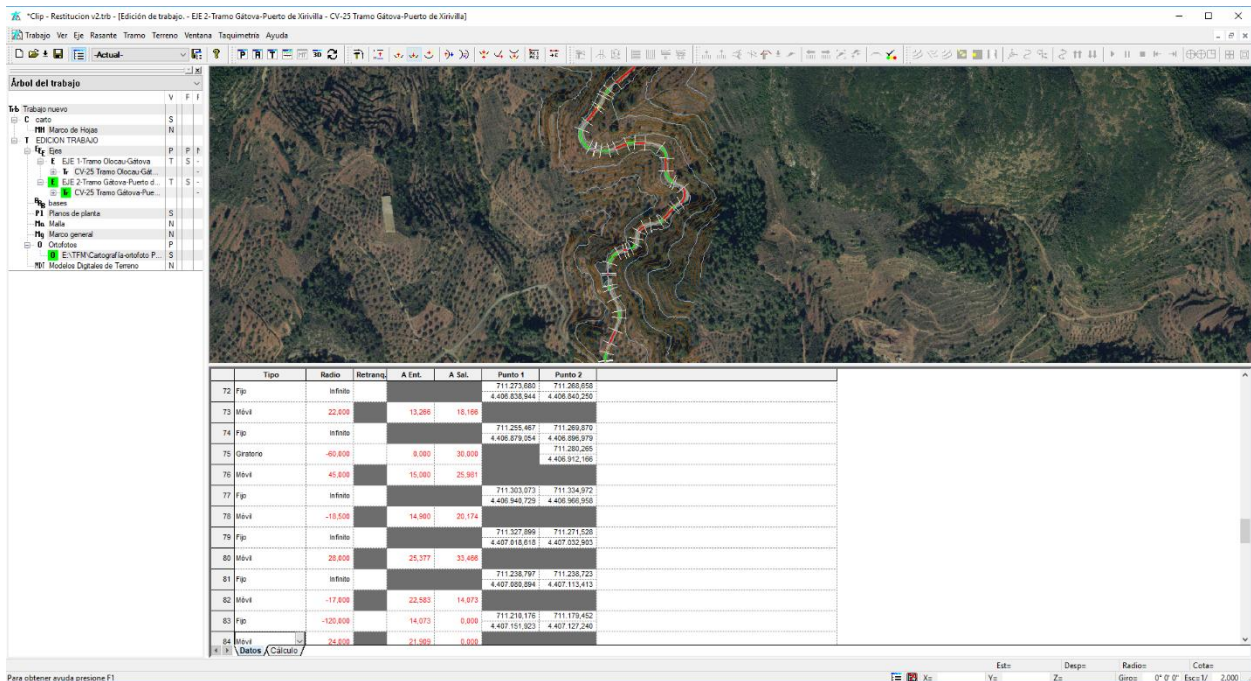


Ilustración 23: entorno de trabajo del programa CLIP TOOL, S.A. (2)

5.3. Velocidades específicas por curva según AASHTO y Norma 3.1-IC

5.3.1. AASHTO

La obtención de las velocidades específicas para cada curva de ambos tramos se llevó a cabo de acuerdo a lo estipulado en el capítulo 3.3.3. “Elementos de diseño. Alineación horizontal. Consideraciones de diseño.”

Con el fin de obtener valores que sean los más exactos posibles, se utilizaron dos métodos para el cálculo de la velocidad específica:

El primer método consistió en el cálculo directo del valor de la velocidad, usando la siguiente fórmula:

Metric	U.S. Customary
$R_{\min} = \frac{V^2}{127(0.01e_{\max} + f_{\max})}$	$R_{\min} = \frac{V^2}{15(0.01e_{\max} + f_{\max})}$

(3-8)

Ilustración 24: modelo matemático para el cálculo del radio mínimo (AASHTO)

Tal y como se puede observar, la norma AASHTO está ajustada para utilizar tanto valores métricos como unidades de medida de los Estados Unidos. Para este trabajo, se utilizará siempre el sistema métrico.

Así pues, de acuerdo a la fórmula anterior, y despejando para la velocidad (V), las variables en cuestión son las siguientes:

V = velocidad específica

$R_{\min} = R$ = radio de cada curva de acuerdo a la restitución de los ejes pertenecientes a ambos tramos de estudio (medido en metros).

e_{\max} = peralte máximo en cada curva.

f_{\max} = coeficiente de fricción máximo.

El segundo método de cálculo viene definido de acuerdo a la siguiente tabla, en donde, para poder determinar la velocidad específica, es necesario interpolar entre los valores presentados en la tabla.

Metric						U.S. Customary					
Design Speed (km/h)	Maximum e (%)	Maximum f	Total (e/100 + f)	Calculated Radius (m)	Rounded Radius (m)	Design Speed (mph)	Maximum e (%)	Maximum f	Total (e/100 + f)	Calculated Radius (ft)	Rounded Radius (ft)
15	4.0	0.40	0.44	4.0	4	10	4.0	0.38	0.42	15.9	16
20	4.0	0.35	0.39	8.1	8	15	4.0	0.32	0.36	41.7	42
30	4.0	0.28	0.32	22.1	22	20	4.0	0.27	0.31	86.0	86
40	4.0	0.23	0.27	46.7	47	25	4.0	0.23	0.27	154.3	154
50	4.0	0.19	0.23	85.6	86	30	4.0	0.20	0.24	250.0	250
60	4.0	0.17	0.21	135.0	135	35	4.0	0.18	0.22	371.2	371
70	4.0	0.15	0.19	203.1	203	40	4.0	0.16	0.20	533.3	533
80	4.0	0.14	0.18	280.0	280	45	4.0	0.15	0.19	710.5	711
90	4.0	0.13	0.17	375.2	375	50	4.0	0.14	0.18	925.9	926
100	4.0	0.12	0.16	492.1	492	55	4.0	0.13	0.17	1186.3	1190
						60	4.0	0.12	0.16	1500.0	1500
15	6.0	0.40	0.46	3.9	4	10	6.0	0.38	0.44	15.2	15
20	6.0	0.35	0.41	7.7	8	15	6.0	0.32	0.38	39.5	39
30	6.0	0.28	0.34	20.8	21	20	6.0	0.27	0.33	80.8	81
40	6.0	0.23	0.29	43.4	43	25	6.0	0.23	0.29	143.7	144
50	6.0	0.19	0.25	78.7	79	30	6.0	0.20	0.26	230.8	231
60	6.0	0.17	0.23	123.2	123	35	6.0	0.18	0.24	340.3	340
70	6.0	0.15	0.21	183.7	184	40	6.0	0.16	0.22	484.8	485
80	6.0	0.14	0.20	252.0	252	45	6.0	0.15	0.21	642.9	643
90	6.0	0.13	0.19	335.7	336	50	6.0	0.14	0.20	833.3	833
100	6.0	0.12	0.18	437.4	437	55	6.0	0.13	0.19	1061.4	1060
110	6.0	0.11	0.17	560.4	560	60	6.0	0.12	0.18	1333.3	1330
120	6.0	0.09	0.15	755.9	756	65	6.0	0.11	0.17	1656.9	1660
130	6.0	0.08	0.14	950.5	951	70	6.0	0.10	0.16	2041.7	2040
						75	6.0	0.09	0.15	2500.0	2500
						80	6.0	0.08	0.14	3047.6	3050
15	8.0	0.40	0.48	3.7	4	10	8.0	0.38	0.46	14.5	14
20	8.0	0.35	0.43	7.3	7	15	8.0	0.32	0.40	37.5	38
30	8.0	0.28	0.36	19.7	20	20	8.0	0.27	0.35	76.2	76
40	8.0	0.23	0.31	40.6	41	25	8.0	0.23	0.31	134.4	134
50	8.0	0.19	0.27	72.9	73	30	8.0	0.20	0.28	214.3	214
60	8.0	0.17	0.25	113.4	113	35	8.0	0.18	0.26	314.1	314
70	8.0	0.15	0.23	167.8	168	40	8.0	0.16	0.24	444.4	444
80	8.0	0.14	0.22	229.1	229	45	8.0	0.15	0.23	587.0	587
90	8.0	0.13	0.21	303.7	304	50	8.0	0.14	0.22	757.6	758
100	8.0	0.12	0.20	393.7	394	55	8.0	0.13	0.21	960.3	960
110	8.0	0.11	0.19	501.5	501	60	8.0	0.12	0.20	1200.0	1200
120	8.0	0.09	0.17	667.0	667	65	8.0	0.11	0.19	1482.5	1480
130	8.0	0.08	0.16	831.7	832	70	8.0	0.10	0.18	1814.8	1810
						75	8.0	0.09	0.17	2205.9	2210
						80	8.0	0.08	0.16	2666.7	2670
15	10.0	0.40	0.50	3.5	4	10	10.0	0.38	0.48	13.9	14
20	10.0	0.35	0.45	7.0	7	15	10.0	0.32	0.42	35.7	36
30	10.0	0.28	0.38	18.6	19	20	10.0	0.27	0.37	72.1	72
40	10.0	0.23	0.33	38.2	38	25	10.0	0.23	0.33	126.3	126
50	10.0	0.19	0.29	67.9	68	30	10.0	0.20	0.30	200.0	200
60	10.0	0.17	0.27	105.0	105	35	10.0	0.18	0.28	291.7	292
70	10.0	0.15	0.25	154.3	154	40	10.0	0.16	0.26	410.3	410
80	10.0	0.14	0.24	210.0	210	45	10.0	0.15	0.25	540.0	540
90	10.0	0.13	0.23	277.3	277	50	10.0	0.14	0.24	694.4	694
100	10.0	0.12	0.22	357.9	358	55	10.0	0.13	0.23	876.8	877
110	10.0	0.11	0.21	453.7	454	60	10.0	0.12	0.22	1090.9	1090
120	10.0	0.09	0.19	596.8	597	65	10.0	0.11	0.21	1341.3	1340
130	10.0	0.08	0.18	739.3	739	70	10.0	0.10	0.20	1633.3	1630
						75	10.0	0.09	0.19	1973.7	1970
						80	10.0	0.08	0.18	2370.4	2370
15	12.0	0.40	0.52	3.4	3	10	12.0	0.38	0.50	13.3	13
20	12.0	0.35	0.47	6.7	7	15	12.0	0.32	0.44	34.1	34
30	12.0	0.28	0.40	17.7	18	20	12.0	0.27	0.39	68.4	68
40	12.0	0.23	0.35	36.0	36	25	12.0	0.23	0.35	119.0	119
50	12.0	0.19	0.31	63.5	64	30	12.0	0.20	0.32	187.5	188
60	12.0	0.17	0.29	97.7	98	35	12.0	0.18	0.30	272.2	272
70	12.0	0.15	0.27	142.9	143	40	12.0	0.16	0.28	381.0	381
80	12.0	0.14	0.26	193.8	194	45	12.0	0.15	0.27	500.0	500
90	12.0	0.13	0.25	255.1	255	50	12.0	0.14	0.26	641.0	641
100	12.0	0.12	0.24	328.1	328	55	12.0	0.13	0.25	806.7	807
110	12.0	0.11	0.23	414.2	414	60	12.0	0.12	0.24	1000.0	1000
120	12.0	0.09	0.21	539.9	540	65	12.0	0.11	0.23	1224.6	1220
130	12.0	0.08	0.20	665.4	665	70	12.0	0.10	0.22	1484.8	1480
						75	12.0	0.09	0.21	1785.7	1790
						80	12.0	0.08	0.20	2133.3	2130

Note: In recognition of safety considerations, use of $e_{max} = 4.0\%$ should be limited to urban conditions.

Tabla 11: tabla para la obtención de los radios mínimos de acuerdo a la velocidad y otras variables (AASHTO)

Una vez obtenidos ambos valores de velocidad, se procedió a determinar el valor más crítico, ya fuere por el método 1 en donde se calcula la velocidad directamente mediante el uso de la fórmula anterior, o interpolando valores de acuerdo al método 2.

5.3.2. Norma 3.1-IC

La norma de trazado 3.1-IC, en su capítulo 4.3.2 “Trazado en planta. Curvas circulares. Características”, describe la metodología para determinar la velocidad específica de una curva circular:

Para describir el comportamiento de un vehículo que circula por una curva circular se considera un modelo consistente en establecer su equilibrio transversal como sólido rígido, que recorre dicha curva circular en planta a velocidad constante, prescindiendo del efecto del sistema de suspensión.

Según este modelo, la velocidad de la curva circular, el radio, el coeficiente de rozamiento transversal movilizado y el peralte se relacionan mediante la siguiente expresión:

$$V^2 = 127 \cdot R \cdot \left(f_t + \frac{p}{100} \right)$$

Siendo:

V = Velocidad de la curva circular (km/h).

R = Radio de la circunferencia que define el eje del trazado en planta (m).

f_t = Coeficiente de rozamiento transversal movilizado.

p = Peralte (%).

Ilustración 25: modelo matemático para el cálculo de la velocidad específica (Norma de trazado 3.1-IC)

Para toda curva circular con el peralte máximo correspondiente se cumplirá que, recorrida la curva circular a la velocidad específica (V_e), no se sobrepasarán los valores del coeficiente transversal máximo movilizado (f_{tMAX}) de la Tabla 4.3.

TABLA 4.3.

COEFICIENTE DE ROZAMIENTO TRANSVERSAL MÁXIMO MOVILIZADO (f_{tMAX}).

V_e (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
f_{tMAX}	0,180	0,166	0,151	0,137	0,122	0,113	0,104	0,096	0,087	0,078	0,069

Tabla 12: tabla 4.3 para el coeficiente de rozamiento transversal (Norma de trazado 3.1-I.C)

El radio deducido de la expresión anterior constituye el mínimo admisible en el diseño de la curva circular. La utilización sistemática de curvas circulares con radios mínimos se justificará suficientemente.

Se adoptará como velocidad específica (V_{ei}) de cada una de las curvas circulares que forman parte de un tramo la correspondiente a la velocidad de proyecto (V_p) de dicho tramo.

En la Tabla 4.4 se incluyen los radios mínimos y los peraltes máximos correspondientes a diferentes velocidades proyecto (V_p).

TABLA 4.4.

RELACIÓN VELOCIDAD DE PROYECTO - RADIO MÍNIMO - PERALTE MÁXIMO.

VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3	
	A-140 y A-130		A-120, A-110, A-100, A-90, A-80 y C-100		C-90, C-80, C-70, C-60, C-50 y C-40	
	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)
140	1 050	8,00	--	--	--	--
130	850	8,00	--	--	--	--
120	--	--	700	8,00	--	--
110	--	--	550	8,00	--	--
100	--	--	450	8,00	--	--
90	--	--	350	8,00	350	7,00
80	--	--	250	8,00	265	7,00
70	--	--	--	--	190	7,00
60	--	--	--	--	130	7,00
50	--	--	--	--	85	7,00
40	--	--	--	--	50	7,00

Tabla 13: tabla 4.4 relación velocidad de proyecto-radio mínimo-peralte máximo (Norma de trazado 3.1-I.C)

5.4. Obtención de distancias de visibilidad de parada normativa

Como se ha descrito en el apartado 2.1.3, en relación con el cálculo de la distancia de visibilidad de parada, tanto para la norma española como la estadounidense existen métodos similares, pero no iguales debido a las diferencias descritas anteriormente.

Atendiendo a esto, esta investigación sigue los lineamientos estipulados en ambas normativas hasta cierto punto: debido a que en el caso que concierne a este trabajo el obstáculo en la vía no es un objeto estático (como pudieran ser escombros) sino objetos dinámicos, es decir, ciclistas que si bien se desplazan sobre la vía a velocidades inferiores (aunque como se verá más adelante no tanto como se pudiera pensar), su presencia y condición como tal obligan a modificar la metodología propuesta por ambas normativas con el fin de adecuar el modelo a la realidad en cuestión.

Remitiéndonos al apartado mencionado en esta sección, tenemos que la distancia de visibilidad de parada de acuerdo a la Norma de trazado 3.1-IC se obtiene de la siguiente manera:

La norma española utiliza esta expresión para calcular la distancia de parada:

$$D_p = \frac{V \cdot t_p}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot (f_1 + i)}$$

Ilustración 26: expresión matemática para el cálculo de la distancia de visibilidad de parada (Norma de trazado 3.1-IC)

Donde:

D_p = Distancia de parada (m).

V = Velocidad al inicio de la maniobra de frenado (km/h).

f_1 = Coeficiente de rozamiento longitudinal movilizado rueda-pavimento.

i = Inclinación de la rasante (en tanto por uno).

t_p = Tiempo de percepción y reacción (s).

Y en el caso de la AASHTO, se tiene la siguiente expresión:

$$d = 0,278Vt + 0,039 \frac{V^2}{a}$$

Ilustración 27: expresión matemática para el cálculo de la distancia de visibilidad de parada (AASHTO)

Donde:

d = distancia de parada (m)

V = velocidad de diseño (km/h)

t = tiempo de percepción y reacción (s)

a = tasa de deceleración (m/s^2)

La fórmula anterior se utiliza para condiciones donde la carretera es plana (pendiente igual a cero), por lo que para los casos donde la carretera no es plana, se incluye la pendiente en el cálculo anterior, y queda de la siguiente manera:

$$d = \frac{V^2}{254 \left(\left(\frac{a}{9,81} \right) \pm G \right)}$$

Ilustración 28: expresión matemática para el cálculo de la distancia de visibilidad de parada (AASHTO) (2)

Como ya se ha indicado, la distancia de visibilidad de parada está compuesta de dos elementos: distancia que el vehículo se desplaza durante el tiempo de percepción y distancia de desplazamiento durante la maniobra de desaceleración. Para la primera parte de la fórmula, no se modificarán sus valores, es decir, se utilizarán de acuerdo a cada normativa. Sin embargo, la segunda componente de la misma, que resulta ser más compleja, de debe cambiar para poder ajustar los valores resultantes al caso de esta investigación.

Ambas normativas contemplan una desaceleración desde la velocidad a la cual circula el vehículo (en el caso de esta investigación, esta velocidad se corresponde a la velocidad específica de cada curva) hasta cero (es decir, se pretende que el conductor disponga de suficiente distancia para poder detener el vehículo por completo sin que se produzca una colisión entre el propio vehículo y el obstáculo).

A sabiendas que se trata de un objeto dinámico (un ciclista) con una velocidad conocida y constante en función de la pendiente del tramo en que circula, para esta investigación se plantea la necesidad de modificar la segunda componente del método para calcular la distancia de velocidad de parada ya que no es necesario que el conductor deba detener por completo el vehículo (velocidad cero), sino que la velocidad alcanzada durante el tiempo de desaceleración sea al menos la velocidad del ciclista. Así, se evita el alcance entre el vehículo y el ciclista.

Para poder modificar la fórmula de distancia de visibilidad de parada, se utilizaron las ecuaciones cinemáticas para el movimiento de una partícula bajo aceleración constante (en este caso, se tiene que la aceleración se sustituirá por la desaceleración, siendo un valor negativo, y claro está, constante; en lo que respecta a la circulación de ambos, ciclista y vehículo, se tiene aceleración nula y velocidad constante, respondiendo por ende a un movimiento uniforme).

Kinematic Equations for Motion of a Particle Under Constant Acceleration	
Equation	Information Given by Equation
$v_{xf} = v_{xi} + a_x t$	Velocity as a function of time
$x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})t$	Position as a function of velocity and time
$x_f = x_i + v_{xi}t + \frac{1}{2}a_x t^2$	Position as a function of time
$v_{xf}^2 = v_{xi}^2 + 2a_x(x_f - x_i)$	Velocity as a function of position

Ilustración 29: ecuaciones cinemáticas par el movimiento de una partícula bajo aceleración constante

Respecto a las desaceleraciones, ambas normativas estipulan valores determinados: en la AASHTO, es un valor constante, el cual se obtuvo mediante distintas pruebas con el fin de obtener un valor que resultara “cómodo” y “adecuado” para la mayoría de conductores; y para la norma 3.1-IC, los valores de desaceleraciones vendrán dados en función de la velocidad y el coeficiente de fricción.

Cabe destacar que es necesario tener en cuenta que se debe incluir en la parte de cálculo una distancia a la cual se le ha llamado “distancia de seguridad”: esta se define como la distancia que se debe respetar y prevalecer entre el vehículo y el ciclista, medida desde el parachoques frontal del vehículo y la rueda trasera del ciclista. Con el fin de determinar la distancia óptima de seguridad, se hizo un simple estudio de sensibilidad, en el cual se prueban distintos valores para esta distancia, los cuales evidentemente afectarán los resultados de cálculo de la visibilidad de parada disponible.

5.5. Obtención de distancias de visibilidad disponible según lectura MDT

Como se indicó en el estado del arte, para determinar los valores de visibilidad de parada disponible, la Norma de Trazado de Carreteras 3.1-IC establece que el punto de vista del conductor se fija a una altura de 1,10 m sobre la calzada y a una distancia de 1,50 m del borde izquierdo de cada carril, por el interior del mismo y en el sentido de la marcha. Y para la Norma 3.1-IC se establece la altura del ojo del conductor a 1.08 m sobre la superficie de la carretera. Aquí se puede observar una diferencia de 2 cm entre ambas normas, por lo que la adecuación para los cálculos de las visibilidades en esta investigación fue necesaria en los programas utilizados.

Utilizando el programa CLIP de TOOL, S.A., se obtuvo la visibilidad de parada disponible para ambos tramos de carretera analizados.

Los datos necesarios para poder determinar esta distancia fueron los siguientes:

- Estacionamiento: estación de inicio y fin de cada tramo estudiado.
- Intervalo de cálculo: es la distancia entre estación y estación con el fin de indicar a la herramienta de CLIP la precisión (por así decirlo) para obtener las distancias de visibilidad a lo largo de todo el tramo de estudio; mientras menor sea este valor, mejor se puede apreciar la variación de las transiciones de los valores de visibilidad y, por ende, los gráficos poseerán curvas más detalladas.
- Altura del observador, la cual dependerá de la norma utilizada y variará de acuerdo a lo indicado anteriormente.
- Altura del objeto: la cual será la indicada en las normas que se emplean para la realización de esta investigación.
- Distancia al eje: con el fin de obtener distintos valores de visibilidad de acuerdo a las condiciones, y que éstas reflejen la realidad con la mayor certeza posible, tratando de abarcar los casos escenarios posibles en la vía y la realidad, se dispuso a obtener tres distintos casos de estudio en función de la posición del ciclista relativa al eje de cada tramo de estudio. Estos casos escenario son los siguientes:
 - Caso “A”: el ciclista se encuentra en el borde de la calzada, es decir, en el lado opuesto del centro de la plataforma, a una distancia de 3 metros del eje.

- Caso “B”: el ciclista se encuentra en el centro del carril, a una distancia de 1.5 metros del eje.
- Caso “C”: el ciclista se encuentra en el eje de la calzada.

El propósito de esto es determinar qué tanto varía la visibilidad de parada disponible con el fin de cumplir con los criterios de seguridad para ambas normas.

- Y finalmente, es necesario determinar una distancia de despeje, la cual viene dada por las condiciones de diseño de la carretera en cuestión. Con el fin de facilitar el proceso metodológico, se utilizó un valor promedio de despeje en este estudio.

A continuación, se muestra un ejemplo del listado de distancias de visibilidades para el primer tramo, utilizando la norma española:

Estación inicial	9+747		Altura observado	1,08				
Estación final	19+971		Altura objeto	2				
Distancia mínima	2.000		Distancia al eje	3				
Intervalo de cálculo	1		Despeje	50				
Velocidad de cálculo	100							
Estación	Visibilidad	Última estación	D.parada	Err.	No cumple por	V.Máx		
9+747.000	130	9+877.000	167	-37	Fuera de sección	87	9747	130
9+748.000	130	9+878.000	167	-37	Planta	87	9748	130
9+749.000	130	9+879.000	167	-37	Planta	87	9749	130
9+750.000	130	9+880.000	167	-37	Planta	87	9750	130
9+751.000	130	9+881.000	167	-37	Planta	87	9751	130
9+752.000	130	9+882.000	167	-37	Planta	87	9752	130
9+753.000	130	9+883.000	167	-37	Planta	87	9753	130
9+754.000	130	9+884.000	167	-37	Planta	87	9754	130
9+755.000	130	9+868.000	167	-54	Planta	80	9755	130
9+756.000	130	9+863.000	167	-60	Planta	78	9756	130
9+757.000	130	9+859.000	167	-65	Planta	76	9757	130
9+758.000	130	9+868.000	167	-57	Planta	79	9758	130
9+759.000	130	9+869.000	167	-57	Planta	79	9759	130
9+760.000	130	9+870.000	167	-57	Planta	79	9760	130
9+761.000	130	9+871.000	164	-53	Planta	80	9761	130
9+762.000	130	9+872.000	164	-53	Planta	80	9762	130
9+763.000	130	9+873.000	164	-53	Planta	80	9763	130
9+764.000	130	9+874.000	164	-53	Planta	80	9764	130
9+765.000	130	9+875.000	164	-53	Planta	80	9765	130
9+766.000	136	9+876.000	164	-53	Planta	80	9766	136
9+767.000	130	9+877.000	164	-53	Planta	80	9767	130
9+768.000	130	9+878.000	164	-53	Planta	80	9768	130
9+769.000	130	9+879.000	164	-53	Planta	80	9769	130
9+770.000	130	9+880.000	164	-53	Planta	80	9770	130
9+771.000	130	9+881.000	164	-53	Planta	80	9771	130
9+772.000	130	9+882.000	164	-53	Planta	80	9772	130
9+773.000	130	9+892.000	164	-45	Planta	83	9773	130
9+774.000	130	9+886.000	164	-52	Planta	81	9774	130

Tabla 14: ejemplo de relación de distancias de visibilidades por estación obtenidas mediante el programa CLIP

5.6. Obtención de distancias de visibilidad de alcance

Para determinar si se produce un alcance entre el vehículo que circula en la vía y un ciclista, es necesario definir una nueva variante en función de las condiciones ya mencionadas en apartados anteriores. Así, se tiene que la distancia de visibilidad de alcance es la distancia requerida que debe existir en función de la visibilidad del tramo de estudio en cuestión que asegure que esta distancia sea suficiente con el fin de que el vehículo pueda alcanzar y mantener la misma velocidad del ciclista, teniendo en cuenta que la distancia de visibilidad de alcance se ve igualmente afectada por el hecho de que durante las maniobras de percepción y de desaceleración, el ciclista se habrá desplazado una distancia dada definida por los tiempos de estas maniobras, siempre teniendo en cuenta la distancia de seguridad, pues para asegurar una circulación segura, se debe disponer de una separación que resulta cómoda y segura tanto para el ciclista como para el vehículo, sin ser muy excesiva pero tampoco tan mínima que haga cambiar el comportamiento del ciclista, en el sentido que pueda resultar peligroso para este.

Tal y como se puede inferir de lo anterior, esta distancia de visibilidad de alcance no es más que una variación de la distancia de visibilidad de parada convencional: las únicas diferencias son la variación de la distancia de desaceleración donde se tiene en cuenta la disminución de la velocidad del vehículo desde la específica a la del ciclista, y la inclusión de la inclusión de la distancia que se desplaza el ciclista durante el tiempo de percepción del conductor del vehículo y el tiempo de desaceleración antes descrito, igualmente del vehículo.

Para poder determinar los elementos antes descritos, fue necesario utilizar las ecuaciones cinemáticas para el movimiento de una partícula bajo aceleración constante descritas en el apartado 5.4, mediante las cuales fue posible calcular los distintos tiempos y distancias de desplazamiento de los ciclistas.

6. Resultados y análisis de datos

Los resultados obtenidos en esta investigación se muestran más adelante en función del análisis de datos que se llevó a cabo de la siguiente manera:

Tal y como se ha mencionado anteriormente, el punto central de esta investigación es la determinación de las distancias de visibilidad de alcance anteriormente descritas, utilizando la normativa estadounidense con el fin de darle un carácter internacional al trabajo en cuestión. No empero, se procedió primero a utilizar la normativa española puesto que los tramos de carretera objetos de estudio se diseñaron en principio con dicha normativa. Esto supone un punto de partida para la investigación, puesto que permite obtener el estado real de la misma en referencia a la seguridad que posee en relación a la conducción de bicicletas en ella y su cumplimiento con las distancias de visibilidad y de parada y, consecuentemente, la verificación de las distancias de visibilidad de alcance que confirman, o no, la posibilidad y existencia de alcances entre ciclistas y vehículos de motor.

La obtención de las velocidades, tanto de los vehículos como de los ciclistas, ambas calculadas de formas diferentes pero que influyen notablemente en los resultados una sobre la otra, es una de las primeras variables a determinar en este trabajo, por ambas normativas: primero con la española con el fin de conocer las velocidades específicas y reales para cada curva, luego mediante la estadounidense.

El proceso de verificación de la visibilidad de parada disponible, distancia de visibilidad de parada y distancia de visibilidad de alcance se realiza para ambas normativas, haciendo siempre hincapié en el hecho de que la normativa AASHTO es la utilizada como base para determinar y verificar las distintas distancias antes mencionadas y su cumplimiento.

Con el fin de poder abarcar la mayor cantidad de posibilidades que puedan estar presentes en la realidad, es decir, durante la operación de vehículos de motor en los distintos tramos de la carretera en presencia de ciclistas, se introducen a la investigación distintos casos escenarios, en cuales se varían distintos valores los cuales arrojan, a su vez, distintos resultados, permitiendo tener un abanico de opciones para poder elegir el mejor caso para la conducción seguro de ciclistas en carreteras de este tipo.

Así, los casos escenarios se verán afectados por la variación de la posición del ciclista respecto al carril de circulación y, además, con el fin de garantizar la existencia de seguridad en el análisis de datos, se aplica un micro estudio de sensibilidad en el cual se varía una distancia que se deberá salvaguardar y respetar entre el vehículo y el ciclista una vez concluya la maniobra de desaceleración.

Teniendo en cuenta las características geométricas de la carretera y sus tramos descritas en apartados en anteriores, es evidente que las distancias de visibilidad se verán afectadas de forma negativa, existiendo una posible pérdida de la misma por parte de los conductores debido a los taludes presentes principalmente en las curvas a derecha y la falta de despeje necesario en algunas de las curvas.

Por todo lo expuesto anteriormente, en cada caso se tendrán valores de visibilidad de parada disponible distintos, mayores o menores en cada caso, y además la inclusión de la variable de distancia de seguridad mediante el micro estudio de sensibilidad, hará que los resultados obtenidos sean aún más restrictivos para el conductor.

Comparando las velocidades específicas y las distintas distancias de visibilidad antes mencionadas arrojará los resultados necesarios para determinar si los valores que se han designado como medidores del grado de seguridad de los tramos de carreteras analizados se verifican de acuerdo a las normativas utilizadas en este trabajo de investigación.

6.1. Velocidades específicas en cada curva según criterios AASHTO y Norma 3.1-IC

A continuación, se presenta las gráficas con los valores de velocidad específica para cada curva, primero con la norma de trazado 3.1-IC, donde el eje vertical representa las velocidades de los vehículos en km/h y el eje horizontal las curvas numeradas desde la primera hasta la última para ambos tramos de la carretera:

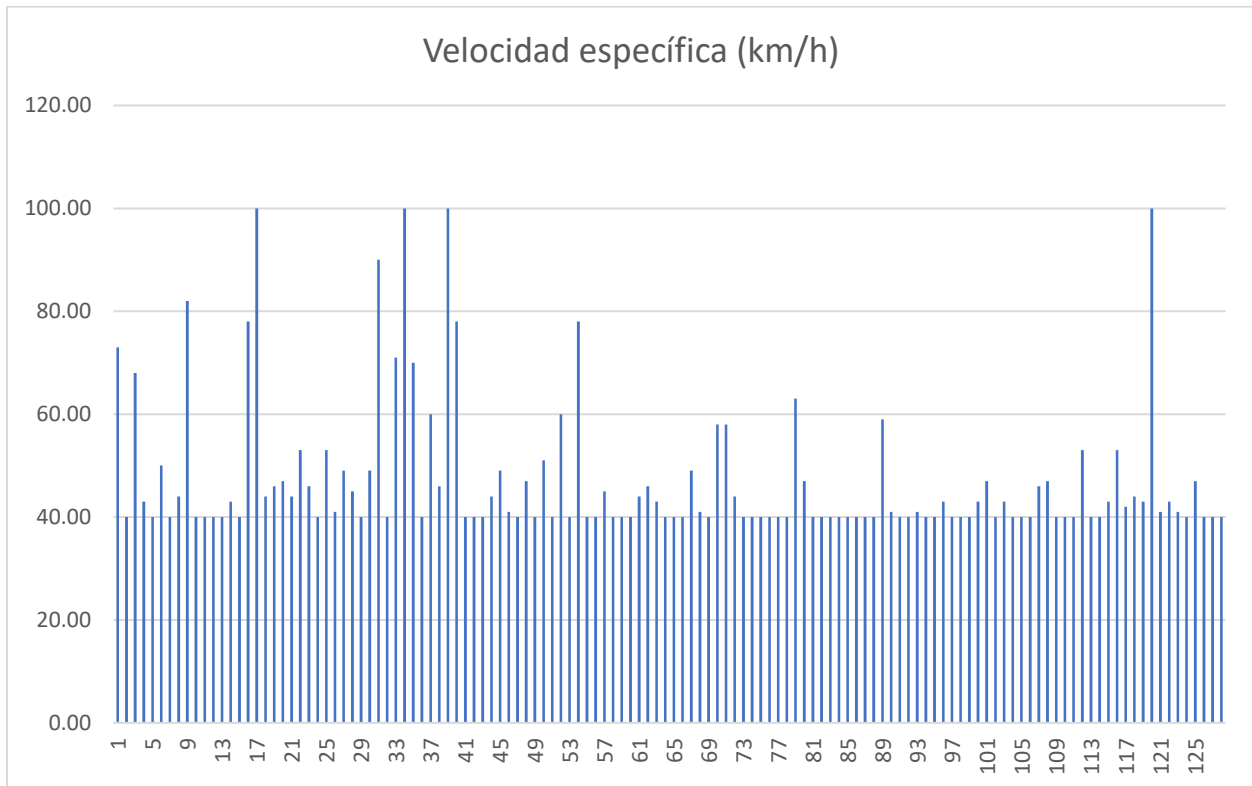


Ilustración 30: velocidad específica para cada estación (Tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC)

Para el tramo 1, se tiene que la velocidad específica promedio es de 47.35 km/h. La velocidad específica máxima en este tramo es de 100 km/h, representando el 3.13% de las curvas de este tramo, y la mínima es de 40 km/h, la cual es a su vez la moda de este conjunto (el valor de velocidad que más se repite): el 48.44% de las curvas de este tramo posee una velocidad específica de 40 km/h.

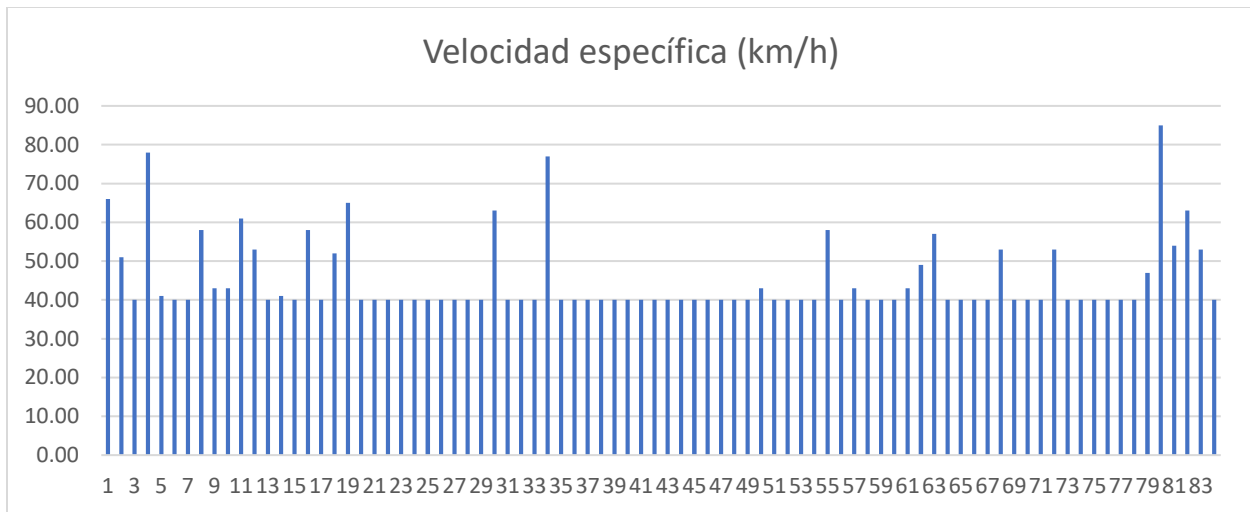


Ilustración 31: velocidad específica para cada estación (Tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC)

Para el tramo 2, se tiene que la velocidad específica promedio es de 45.13 km/h. La velocidad específica máxima en este tramo es de 85 km/h, representando el 1.19% de las curvas de este tramo, y la mínima es de 40 km/h, la cual es a su vez la moda de este conjunto: un 66.67% de las curvas de este tramo posee una velocidad específica de 40 km/h.

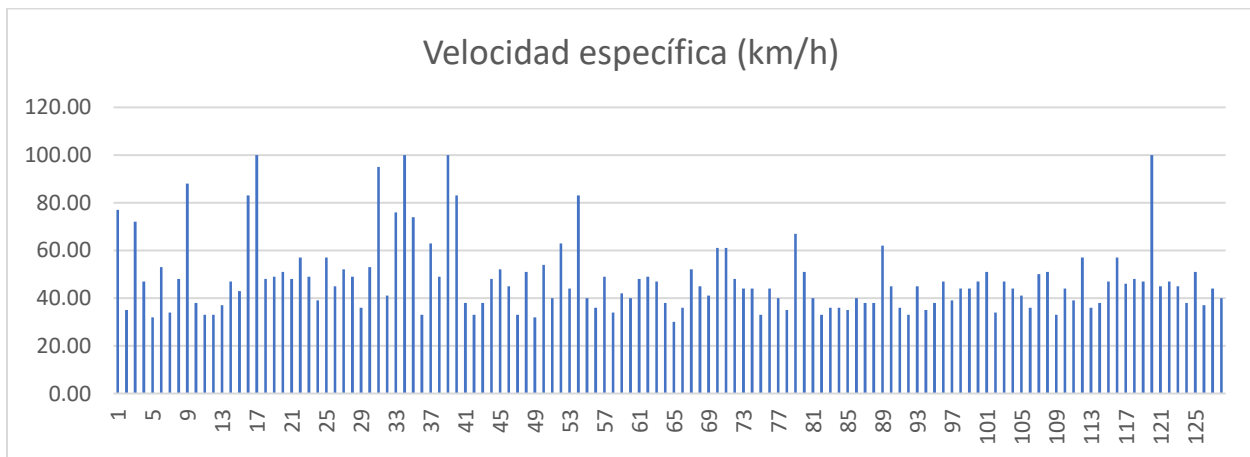


Ilustración 32: velocidad específica para cada estación (Tramo 1 - AASHTO)

Para el tramo 1, se tiene que la velocidad específica promedio es de 48.13 km/h. La velocidad específica máxima en este tramo es de 100 km/h, representando el 3.13% de las curvas de este tramo, y la mínima es de 30 km/h (0.78% de las curvas de este tramo posee esta velocidad). La moda es 47 km/h, este valor representa el 7.03% de las curvas de este tramo.

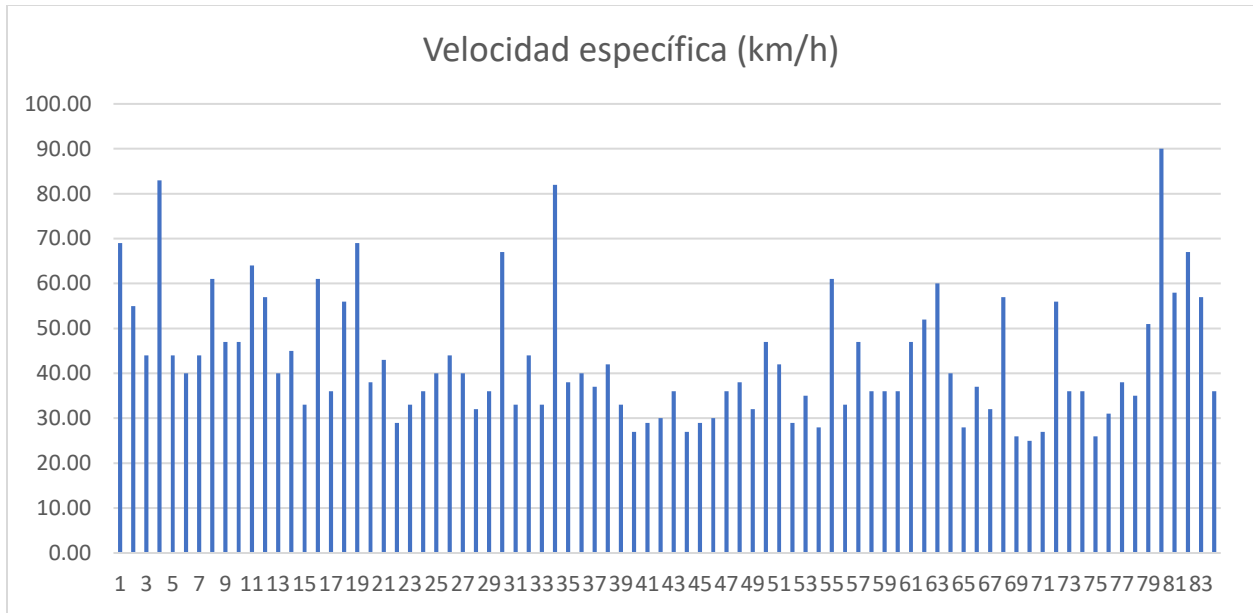


Ilustración 33: velocidad específica para cada estación (Tramo 2 - AASHTO)

Para el tramo 2, se tiene que la velocidad específica promedio es de 42.94 km/h. La velocidad específica máxima en este tramo es de 90 km/h, representando el 1.19% de las curvas de este tramo, y la mínima es de 25 km/h (1.19% de las curvas de este tramo posee esta velocidad). La moda es 36 km/h, este valor representa el 13.10% de las curvas de este tramo.

En las 4 siguientes gráficas, las cuales representan la relación radios de curva – velocidad específica, se puede observar cómo los picos de radios (las curvas que poseen los mayores valores) se corresponden con las velocidades máximas. Si viene s cierto que cada normativa posee una metodología diferente para la obtención de las velocidades específicas, es importante notar que a pesar de esto, se mantiene una relación directa entre ambas (radio y velocidad específica).

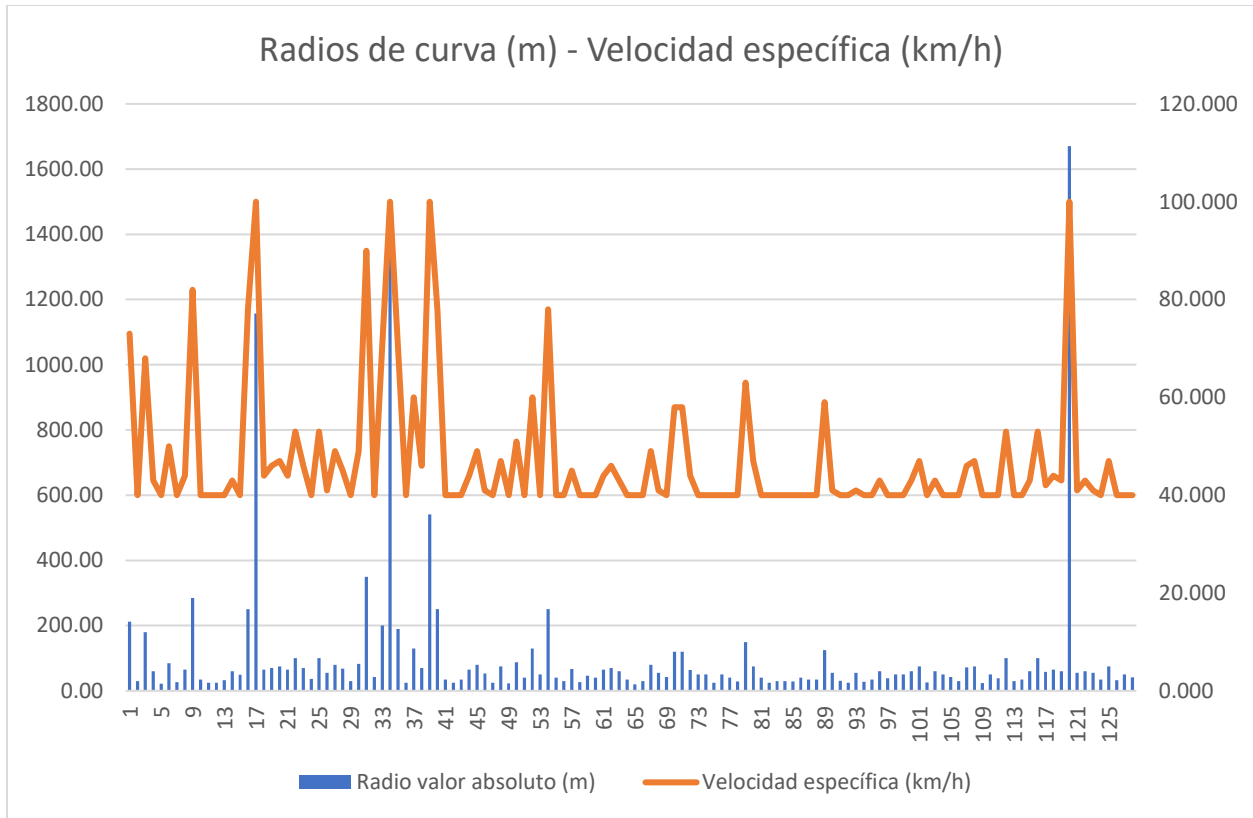


Ilustración 34: radios-velocidad específica (Tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC)

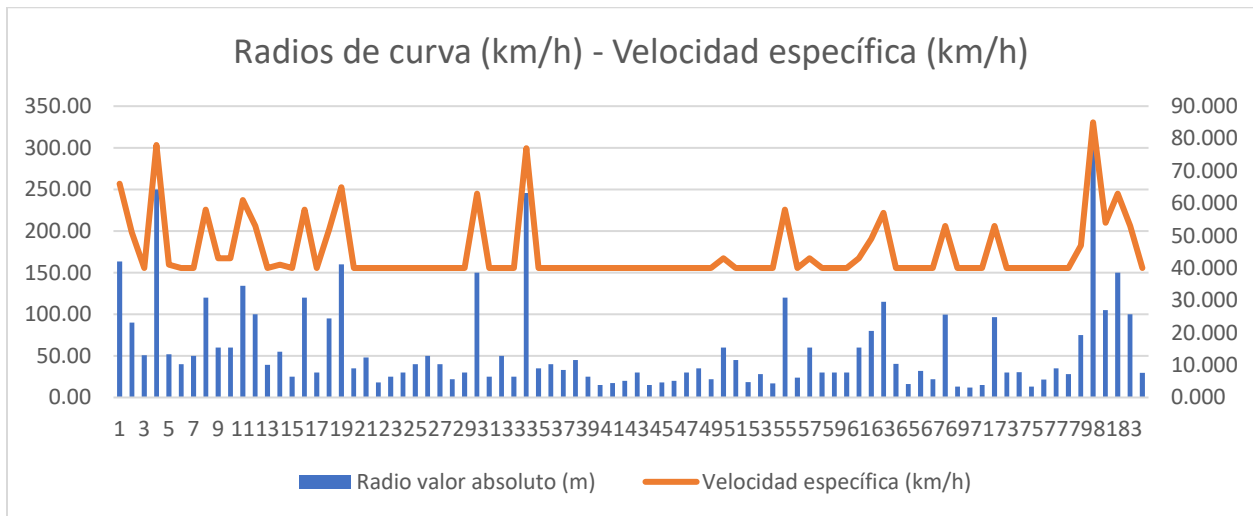


Ilustración 35: radios-velocidad específica (Tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC)

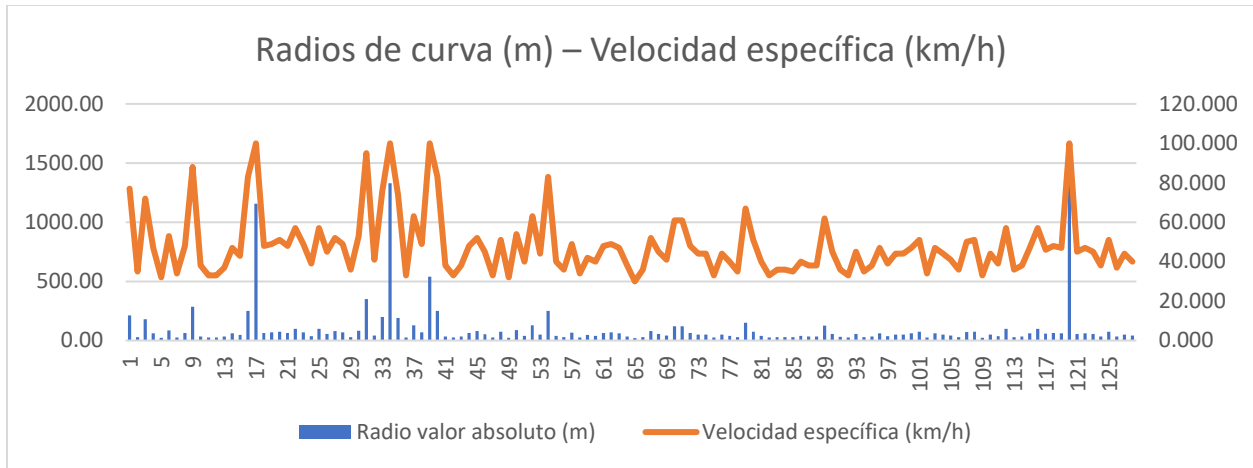


Ilustración 36: radios-velocidad específica (Tramo 1 - AASHTO)

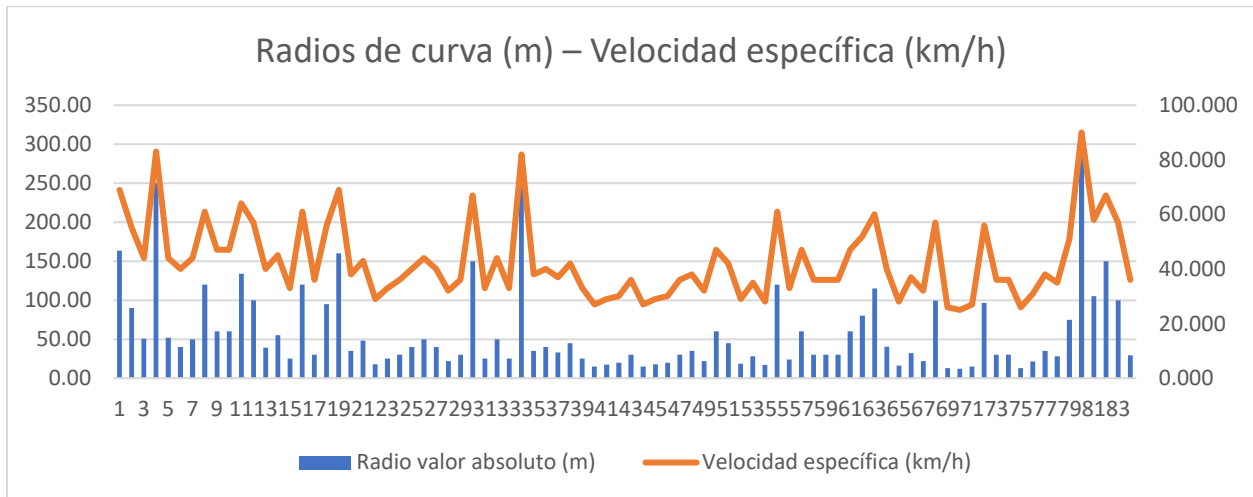


Ilustración 37: radios-velocidad específica (Tramo 2 - AASHTO)

Con el fin de entender la diferencia entre las velocidades de los vehículos y la de los ciclistas, es importante hacer una comparación entre ambas, y esto se debe a que en algunos casos las diferencias pueden ser casi el doble y en otros, ambas velocidades están prácticamente en el mismo rango. Esto influyen en los valores de la distancia de visibilidad de parada y en la de alcance, pues como es evidente, mientras mayor sea la diferencia de velocidad entre ambos, mayor será la distancia de visibilidad de parada necesaria, o en este caso, de alcance, con el fin de por lo menos igualar ambas velocidades, respetando la distancia de seguridad.

Sin embargo, y cómo se verá más adelante, este no es el único factor que determina la posibilidad de un alcance en una curva, puesto que también se debe comparar la visibilidad de parada disponible, la cual varía tanto en función de la posición del ciclista en el carril de circulación como en función del despeje lateral existente en dada curva. Igualmente, la pendiente, cual es otro factor fundamental, puede determinar si se produce un alcance, debido a que la fuerza de gravedad ayudará o no al vehículo a poder disminuir su velocidad lo suficientemente.

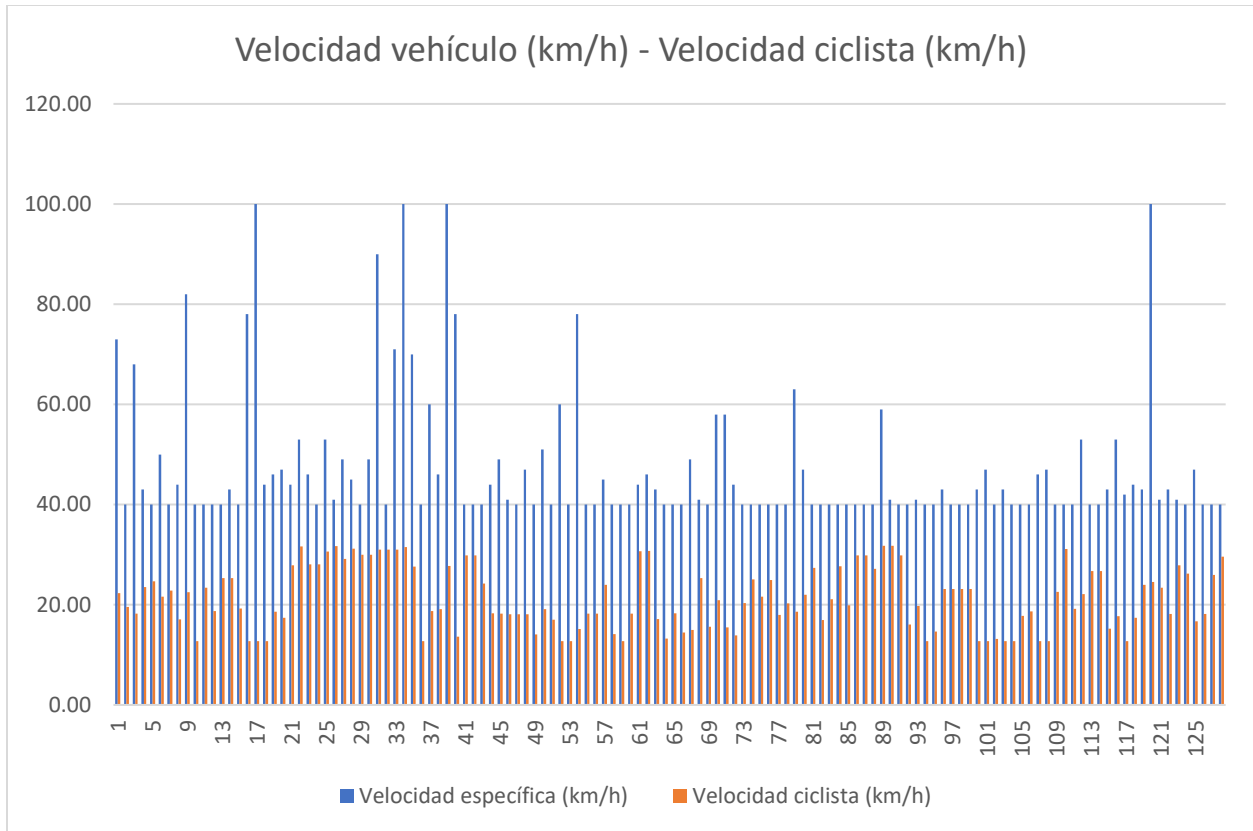


Ilustración 38: velocidad específica (vehículo)-ciclista (Tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC)

La diferencia de velocidad máxima que se tiene entre la velocidad del vehículo (velocidad específica) y la del ciclista es de 87.26 km/h, y se produce en la curva número 17 de este tramo, siendo la velocidad específica que el vehículo puede alcanzar de 100 km/h y la del ciclista de 12.74 km/h. El promedio de diferencia de velocidad es 26.04 km/h, valor que representa un 29.84% respecto del máximo de 87.26 km/h, es decir, la diferencia máxima de velocidades entre vehículo y ciclista es un poco más del triple que la promedio. Por otro lado, la diferencia de velocidades mínima que se tiene se produce en la curva número 110, con valor de 8.88 km/h, siendo la velocidad del vehículo de 40 km/h y la del ciclista de 31.12 km/h.

No. Curva	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades
1.00	73.00	22.34	50.66
2.00	40.00	19.58	20.42
3.00	68.00	18.25	49.75
4.00	43.00	23.55	19.45
5.00	40.00	24.71	15.29
6.00	50.00	21.59	28.41
7.00	40.00	22.82	17.18
8.00	44.00	17.06	26.94

9.00	82.00	22.51	59.49
10.00	40.00	12.74	27.26
11.00	40.00	23.39	16.61
12.00	40.00	18.74	21.26
13.00	40.00	25.34	14.66
14.00	43.00	25.34	17.66
15.00	40.00	19.25	20.75
16.00	78.00	12.74	65.26
17.00	100.00	12.74	87.26
18.00	44.00	12.74	31.26
19.00	46.00	18.61	27.39

20.00	47.00	17.37	29.63
21.00	44.00	27.86	16.14
22.00	53.00	31.65	21.35
23.00	46.00	28.09	17.91
24.00	40.00	28.09	11.91
25.00	53.00	30.65	22.35
26.00	41.00	31.74	9.26
27.00	49.00	29.18	19.82
28.00	45.00	31.20	13.80
29.00	40.00	29.96	10.04
30.00	49.00	29.96	19.04
31.00	90.00	30.98	59.02
32.00	40.00	30.98	9.02
33.00	71.00	30.98	40.02
34.00	100.00	31.51	68.49
35.00	70.00	27.64	42.36
36.00	40.00	12.74	27.26
37.00	60.00	18.76	41.24
38.00	46.00	19.10	26.90
39.00	100.00	27.76	72.24
40.00	78.00	13.64	64.36
41.00	40.00	29.84	10.16
42.00	40.00	29.84	10.16
43.00	40.00	24.25	15.75
44.00	44.00	18.31	25.69
45.00	49.00	18.21	30.79
46.00	41.00	18.11	22.89
47.00	40.00	18.11	21.89
48.00	47.00	18.11	28.89
49.00	40.00	14.09	25.91
50.00	51.00	19.10	31.90
51.00	40.00	16.99	23.01
52.00	60.00	12.74	47.26
53.00	40.00	12.74	27.26
54.00	78.00	15.14	62.86
55.00	40.00	18.25	21.75
56.00	40.00	18.25	21.75
57.00	45.00	23.99	21.01
58.00	40.00	14.13	25.87
59.00	40.00	12.74	27.26
60.00	40.00	18.21	21.79

61.00	44.00	30.72	13.28
62.00	46.00	30.73	15.27
63.00	43.00	17.14	25.86
64.00	40.00	13.23	26.77
65.00	40.00	18.31	21.69
66.00	40.00	14.44	25.56
67.00	49.00	14.97	34.03
68.00	41.00	25.33	15.67
69.00	40.00	15.58	24.42
70.00	58.00	20.93	37.07
71.00	58.00	15.49	42.51
72.00	44.00	13.91	30.09
73.00	40.00	20.34	19.66
74.00	40.00	25.05	14.95
75.00	40.00	21.63	18.37
76.00	40.00	24.91	15.09
77.00	40.00	17.98	22.02
78.00	40.00	20.26	19.74
79.00	63.00	18.61	44.39
80.00	47.00	22.00	25.00
81.00	40.00	27.36	12.64
82.00	40.00	16.92	23.08
83.00	40.00	21.14	18.86
84.00	40.00	27.69	12.31
85.00	40.00	19.87	20.13
86.00	40.00	29.84	10.16
87.00	40.00	29.84	10.16
88.00	40.00	27.20	12.80
89.00	59.00	31.78	27.22
90.00	41.00	31.78	9.22
91.00	40.00	29.84	10.16
92.00	40.00	16.03	23.97
93.00	41.00	19.79	21.21
94.00	40.00	12.74	27.26
95.00	40.00	14.66	25.34
96.00	43.00	23.18	19.82
97.00	40.00	23.18	16.82
98.00	40.00	23.18	16.82
99.00	40.00	23.18	16.82
100.00	43.00	12.74	30.26
101.00	47.00	12.74	34.26

102.00	40.00	13.18	26.82
103.00	43.00	12.74	30.26
104.00	40.00	12.74	27.26
105.00	40.00	17.78	22.22
106.00	40.00	18.70	21.30
107.00	46.00	12.74	33.26
108.00	47.00	12.74	34.26
109.00	40.00	22.59	17.41
110.00	40.00	31.12	8.88
111.00	40.00	19.18	20.82
112.00	53.00	22.11	30.89
113.00	40.00	26.71	13.29
114.00	40.00	26.71	13.29
115.00	43.00	15.20	27.80

116.00	53.00	17.75	35.25
117.00	42.00	12.74	29.26
118.00	44.00	17.40	26.60
119.00	43.00	24.00	19.00
120.00	100.00	24.55	75.45
121.00	41.00	23.40	17.60
122.00	43.00	18.18	24.82
123.00	41.00	27.89	13.11
124.00	40.00	26.22	13.78
125.00	47.00	16.70	30.30
126.00	40.00	18.19	21.81
127.00	40.00	25.93	14.07
128.00	40.00	29.59	10.41

Tabla 15: diferencia de velocidades entre vehículo y ciclistas (Tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC)

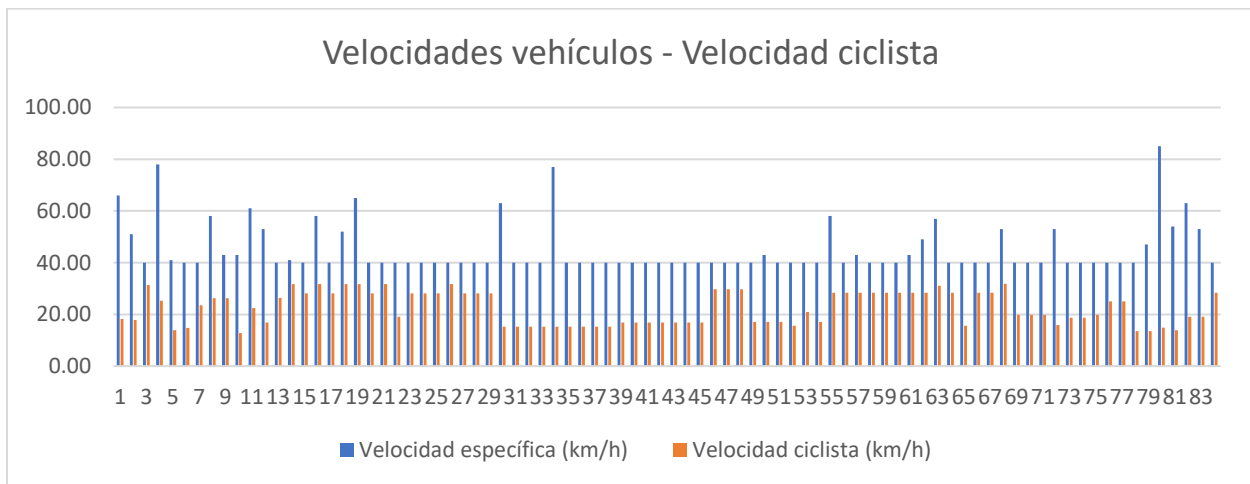


Ilustración 39: velocidad específica (vehículo)-ciclista (Tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC)

La diferencia de velocidad máxima que se tiene entre la velocidad del vehículo y la del ciclista es de 70.15 km/h, y se produce en la curva número 80 de este tramo, siendo la velocidad específica que el vehículo puede alcanzar de 85 km/h y la del ciclista de 14.85 km/h. El promedio de diferencia de velocidad es 22.72 km/h, valor que representa un 32.39% respecto del máximo de 70.15 km/h, es decir, la diferencia máxima de velocidades entre vehículo y ciclista es un poco más del triple que la promedio. Por otro lado, la diferencia de velocidades mínima que se tiene se produce en la curva número 26, con valor de 8.34 km/h, siendo la velocidad del vehículo de 40 km/h y la del ciclista de 31.66 km/h.

No. Curva	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades
-----------	-----------------------------	---------------------------	---------------------------

1.00	66.00	18.25	47.75
2.00	51.00	17.83	33.17
3.00	40.00	31.37	8.63

4.00	78.00	25.22	52.78
5.00	41.00	13.92	27.08
6.00	40.00	14.73	25.27
7.00	40.00	23.52	16.48
8.00	58.00	26.28	31.72
9.00	43.00	26.28	16.72
10.00	43.00	12.74	30.26
11.00	61.00	22.40	38.60
12.00	53.00	16.89	36.11
13.00	40.00	26.42	13.58
14.00	41.00	31.66	9.34
15.00	40.00	28.11	11.89
16.00	58.00	31.66	26.34
17.00	40.00	28.11	11.89
18.00	52.00	31.66	20.34
19.00	65.00	31.66	33.34
20.00	40.00	28.11	11.89
21.00	40.00	31.66	8.34
22.00	40.00	19.07	20.93
23.00	40.00	28.11	11.89
24.00	40.00	28.11	11.89
25.00	40.00	28.11	11.89
26.00	40.00	31.66	8.34
27.00	40.00	28.11	11.89
28.00	40.00	28.11	11.89
29.00	40.00	28.11	11.89
30.00	63.00	15.31	47.69
31.00	40.00	15.31	24.69
32.00	40.00	15.31	24.69
33.00	40.00	15.31	24.69
34.00	77.00	15.31	61.69
35.00	40.00	15.31	24.69
36.00	40.00	15.31	24.69
37.00	40.00	15.31	24.69
38.00	40.00	15.31	24.69
39.00	40.00	16.82	23.18
40.00	40.00	16.82	23.18
41.00	40.00	16.82	23.18
42.00	40.00	16.82	23.18
43.00	40.00	16.82	23.18
44.00	40.00	16.82	23.18

45.00	40.00	16.82	23.18
46.00	40.00	29.67	10.33
47.00	40.00	29.67	10.33
48.00	40.00	29.67	10.33
49.00	40.00	17.13	22.87
50.00	43.00	17.13	25.87
51.00	40.00	17.13	22.87
52.00	40.00	15.66	24.34
53.00	40.00	20.91	19.09
54.00	40.00	17.13	22.87
55.00	58.00	28.37	29.63
56.00	40.00	28.37	11.63
57.00	43.00	28.37	14.63
58.00	40.00	28.37	11.63
59.00	40.00	28.37	11.63
60.00	40.00	28.37	11.63
61.00	43.00	28.37	14.63
62.00	49.00	28.37	20.63
63.00	57.00	31.04	25.96
64.00	40.00	28.37	11.63
65.00	40.00	15.66	24.34
66.00	40.00	28.37	11.63
67.00	40.00	28.37	11.63
68.00	53.00	31.78	21.22
69.00	40.00	19.77	20.23
70.00	40.00	19.77	20.23
71.00	40.00	19.77	20.23
72.00	53.00	15.83	37.17
73.00	40.00	18.74	21.26
74.00	40.00	18.74	21.26
75.00	40.00	19.77	20.23
76.00	40.00	25.02	14.98
77.00	40.00	25.02	14.98
78.00	40.00	13.52	26.48
79.00	47.00	13.52	33.48
80.00	85.00	14.85	70.15
81.00	54.00	13.89	40.11
82.00	63.00	19.07	43.93
83.00	53.00	19.07	33.93
84.00	40.00	28.39	11.61

Tabla 16: diferencia de velocidades entre vehículo y ciclistas (Tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC)

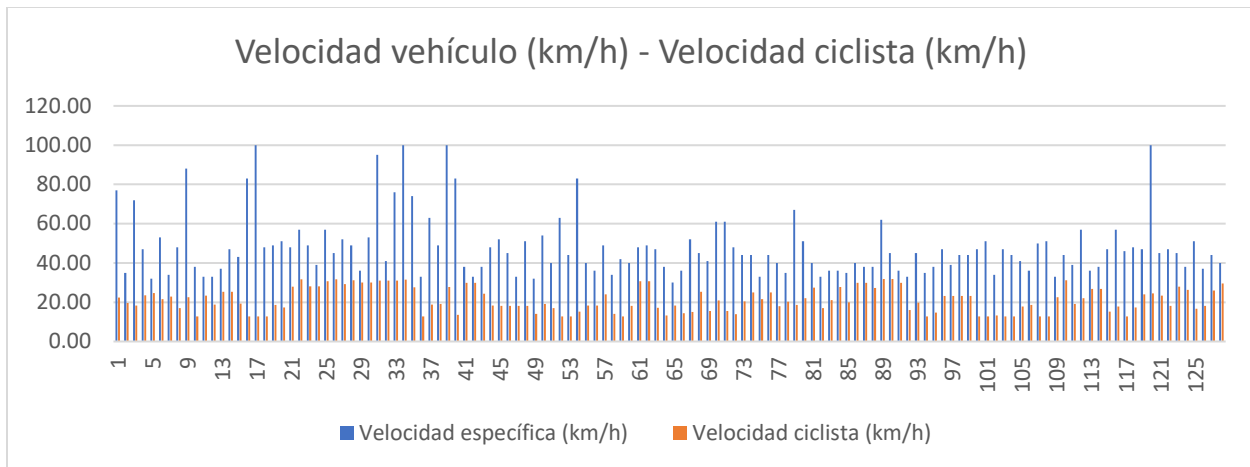


Ilustración 40: velocidad específica (vehículo)-ciclista (Tramo 1 - AASHTO)

La diferencia de velocidad máxima que se tiene entre la velocidad del vehículo y la del ciclista es de 87.26 km/h, y se produce en la curva número 17 de este tramo, siendo la velocidad específica que el vehículo puede alcanzar de 100 km/h y la del ciclista de 12.74 km/h. El promedio de diferencia de velocidad es 26.81 km/h, valor que representa un 30.72% respecto del máximo de 87.26 km/h, es decir, la diferencia máxima de velocidades entre vehículo y ciclista es un poco más del triple que la promedio. Por otro lado, la diferencia de velocidades mínima que se tiene se produce en la curva número 42, con valor de 3.16 km/h, siendo la velocidad del vehículo de 33 km/h y la del ciclista de 29.84 km/h.

No. Curva	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades
1.00	77.00	22.34	54.66
2.00	35.00	19.58	15.42
3.00	72.00	18.25	53.75
4.00	47.00	23.55	23.45
5.00	32.00	24.71	7.29
6.00	53.00	21.59	31.41
7.00	34.00	22.82	11.18
8.00	48.00	17.06	30.94
9.00	88.00	22.51	65.49
10.00	38.00	12.74	25.26
11.00	33.00	23.39	9.61
12.00	33.00	18.74	14.26
13.00	37.00	25.34	11.66
14.00	47.00	25.34	21.66
15.00	43.00	19.25	23.75
16.00	83.00	12.74	70.26

17.00	100.00	12.74	87.26
18.00	48.00	12.74	35.26
19.00	49.00	18.61	30.39
20.00	51.00	17.37	33.63
21.00	48.00	27.86	20.14
22.00	57.00	31.65	25.35
23.00	49.00	28.09	20.91
24.00	39.00	28.09	10.91
25.00	57.00	30.65	26.35
26.00	45.00	31.74	13.26
27.00	52.00	29.18	22.82
28.00	49.00	31.20	17.80
29.00	36.00	29.96	6.04
30.00	53.00	29.96	23.04
31.00	95.00	30.98	64.02
32.00	41.00	30.98	10.02
33.00	76.00	30.98	45.02
34.00	100.00	31.51	68.49
35.00	74.00	27.64	46.36
36.00	33.00	12.74	20.26

37.00	63.00	18.76	44.24
38.00	49.00	19.10	29.90
39.00	100.00	27.76	72.24
40.00	83.00	13.64	69.36
41.00	38.00	29.84	8.16
42.00	33.00	29.84	3.16
43.00	38.00	24.25	13.75
44.00	48.00	18.31	29.69
45.00	52.00	18.21	33.79
46.00	45.00	18.11	26.89
47.00	33.00	18.11	14.89
48.00	51.00	18.11	32.89
49.00	32.00	14.09	17.91
50.00	54.00	19.10	34.90
51.00	40.00	16.99	23.01
52.00	63.00	12.74	50.26
53.00	44.00	12.74	31.26
54.00	83.00	15.14	67.86
55.00	40.00	18.25	21.75
56.00	36.00	18.25	17.75
57.00	49.00	23.99	25.01
58.00	34.00	14.13	19.87
59.00	42.00	12.74	29.26
60.00	40.00	18.21	21.79
61.00	48.00	30.72	17.28
62.00	49.00	30.73	18.27
63.00	47.00	17.14	29.86
64.00	38.00	13.23	24.77
65.00	30.00	18.31	11.69
66.00	36.00	14.44	21.56
67.00	52.00	14.97	37.03
68.00	45.00	25.33	19.67
69.00	41.00	15.58	25.42
70.00	61.00	20.93	40.07
71.00	61.00	15.49	45.51
72.00	48.00	13.91	34.09
73.00	44.00	20.34	23.66
74.00	44.00	25.05	18.95
75.00	33.00	21.63	11.37
76.00	44.00	24.91	19.09
77.00	40.00	17.98	22.02

78.00	35.00	20.26	14.74
79.00	67.00	18.61	48.39
80.00	51.00	22.00	29.00
81.00	40.00	27.36	12.64
82.00	33.00	16.92	16.08
83.00	36.00	21.14	14.86
84.00	36.00	27.69	8.31
85.00	35.00	19.87	15.13
86.00	40.00	29.84	10.16
87.00	38.00	29.84	8.16
88.00	38.00	27.20	10.80
89.00	62.00	31.78	30.22
90.00	45.00	31.78	13.22
91.00	36.00	29.84	6.16
92.00	33.00	16.03	16.97
93.00	45.00	19.79	25.21
94.00	35.00	12.74	22.26
95.00	38.00	14.66	23.34
96.00	47.00	23.18	23.82
97.00	39.00	23.18	15.82
98.00	44.00	23.18	20.82
99.00	44.00	23.18	20.82
100.00	47.00	12.74	34.26
101.00	51.00	12.74	38.26
102.00	34.00	13.18	20.82
103.00	47.00	12.74	34.26
104.00	44.00	12.74	31.26
105.00	41.00	17.78	23.22
106.00	36.00	18.70	17.30
107.00	50.00	12.74	37.26
108.00	51.00	12.74	38.26
109.00	33.00	22.59	10.41
110.00	44.00	31.12	12.88
111.00	39.00	19.18	19.82
112.00	57.00	22.11	34.89
113.00	36.00	26.71	9.29
114.00	38.00	26.71	11.29
115.00	47.00	15.20	31.80
116.00	57.00	17.75	39.25
117.00	46.00	12.74	33.26
118.00	48.00	17.40	30.60

119.00	47.00	24.00	23.00
120.00	100.00	24.55	75.45
121.00	45.00	23.40	21.60
122.00	47.00	18.18	28.82
123.00	45.00	27.89	17.11
124.00	38.00	26.22	11.78

125.00	51.00	16.70	34.30
126.00	37.00	18.19	18.81
127.00	44.00	25.93	18.07
128.00	40.00	29.59	10.41

Tabla 17: diferencia de velocidades entre vehículo y ciclistas (Tramo 1 – AASHTO)

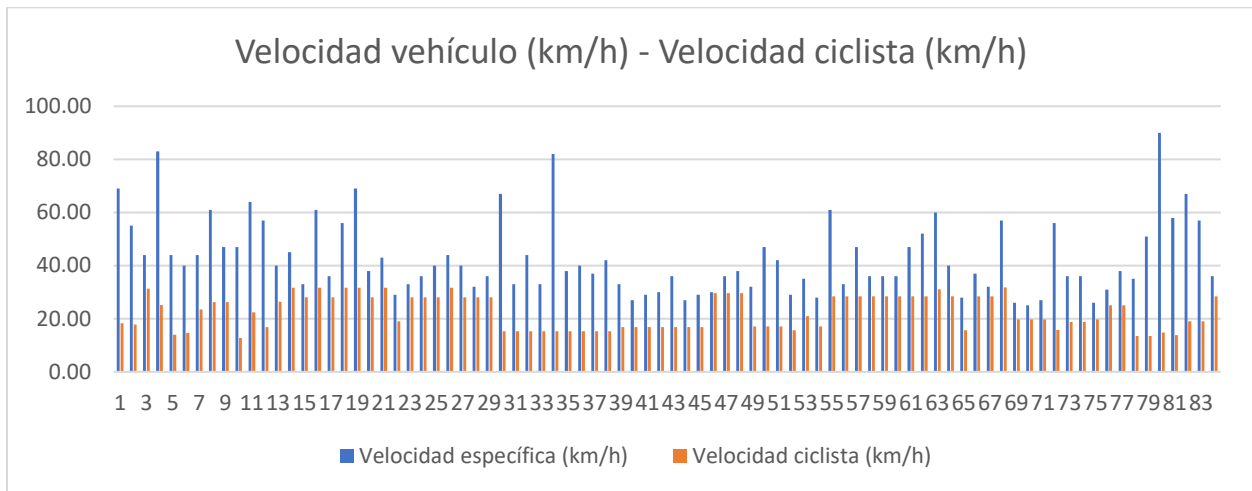


Ilustración 41: velocidad específica (vehículo)-ciclista (Tramo 2 - AASHTO)

La diferencia de velocidad máxima que se tiene entre la velocidad del vehículo y la del ciclista es de 75.15 km/h, y se produce en la curva número 80 de este tramo, siendo la velocidad específica que el vehículo puede alcanzar de 90 km/h y la del ciclista de 14.85 km/h. El promedio de diferencia de velocidad es 20.53 km/h, valor que representa un 27.32% respecto del máximo de 75.15 km/h, es decir, la diferencia máxima de velocidades entre vehículo y ciclista es un poco más del triple que la promedio. Por otro lado, la diferencia de velocidades mínima que se tiene se produce en la curva número 46, con valor de 0.33 km/h, siendo la velocidad del vehículo de 30 km/h y la del ciclista de 29.67 km/h.

No. Curva	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades
1.00	69.00	18.25	50.75
2.00	55.00	17.83	37.17
3.00	44.00	31.37	12.63
4.00	83.00	25.22	57.78
5.00	44.00	13.92	30.08
6.00	40.00	14.73	25.27
7.00	44.00	23.52	20.48
8.00	61.00	26.28	34.72

9.00	47.00	26.28	20.72
10.00	47.00	12.74	34.26
11.00	64.00	22.40	41.60
12.00	57.00	16.89	40.11
13.00	40.00	26.42	13.58
14.00	45.00	31.66	13.34
15.00	33.00	28.11	4.89
16.00	61.00	31.66	29.34
17.00	36.00	28.11	7.89
18.00	56.00	31.66	24.34
19.00	69.00	31.66	37.34
20.00	38.00	28.11	9.89

21.00	43.00	31.66	11.34
22.00	29.00	19.07	9.93
23.00	33.00	28.11	4.89
24.00	36.00	28.11	7.89
25.00	40.00	28.11	11.89
26.00	44.00	31.66	12.34
27.00	40.00	28.11	11.89
28.00	32.00	28.11	3.89
29.00	36.00	28.11	7.89
30.00	67.00	15.31	51.69
31.00	33.00	15.31	17.69
32.00	44.00	15.31	28.69
33.00	33.00	15.31	17.69
34.00	82.00	15.31	66.69
35.00	38.00	15.31	22.69
36.00	40.00	15.31	24.69
37.00	37.00	15.31	21.69
38.00	42.00	15.31	26.69
39.00	33.00	16.82	16.18
40.00	27.00	16.82	10.18
41.00	29.00	16.82	12.18
42.00	30.00	16.82	13.18
43.00	36.00	16.82	19.18
44.00	27.00	16.82	10.18
45.00	29.00	16.82	12.18
46.00	30.00	29.67	0.33
47.00	36.00	29.67	6.33
48.00	38.00	29.67	8.33
49.00	32.00	17.13	14.87
50.00	47.00	17.13	29.87
51.00	42.00	17.13	24.87
52.00	29.00	15.66	13.34
53.00	35.00	20.91	14.09

54.00	28.00	17.13	10.87
55.00	61.00	28.37	32.63
56.00	33.00	28.37	4.63
57.00	47.00	28.37	18.63
58.00	36.00	28.37	7.63
59.00	36.00	28.37	7.63
60.00	36.00	28.37	7.63
61.00	47.00	28.37	18.63
62.00	52.00	28.37	23.63
63.00	60.00	31.04	28.96
64.00	40.00	28.37	11.63
65.00	28.00	15.66	12.34
66.00	37.00	28.37	8.63
67.00	32.00	28.37	3.63
68.00	57.00	31.78	25.22
69.00	26.00	19.77	6.23
70.00	25.00	19.77	5.23
71.00	27.00	19.77	7.23
72.00	56.00	15.83	40.17
73.00	36.00	18.74	17.26
74.00	36.00	18.74	17.26
75.00	26.00	19.77	6.23
76.00	31.00	25.02	5.98
77.00	38.00	25.02	12.98
78.00	35.00	13.52	21.48
79.00	51.00	13.52	37.48
80.00	90.00	14.85	75.15
81.00	58.00	13.89	44.11
82.00	67.00	19.07	47.93
83.00	57.00	19.07	37.93
84.00	36.00	28.39	7.61

Tabla 18: diferencia de velocidades entre vehículo y ciclistas (Tramo 2 – AASHTO)

6.2. Distancia de visibilidad de parada normativa según criterios AASHTO y Norma de trazado 3.1-IC

Debido a que, para el caso de estudio del presente trabajo, ambas normativas no contemplan que para la maniobra de desaceleración al momento de calcular la distancia de visibilidad de parada el obstáculo es efectivamente dinámico y no estático, fue necesario la modificación del cálculo de esta distancia, con el fin de tomar en cuenta el desplazamiento del ciclista durante el tiempo en que transcurren ambas maniobras: la de percepción y la de desaceleración.

No empero, y siguiendo la misma línea de trabajo utilizada en relación al uso de la norma de trazado española a pesar de que este estudio se enfoca en la norma AASHTO, con el fin de tener una línea de partida real, se ha determinado y calculado antes de la distancia visibilidad de alcance la distancia de visibilidad de parada normativa para ambos casos (AASHTO y Norma de trazado 3.1-IC). Es importante señalar que para este análisis, al que se le podría llamar el análisis convencional, no contiene ninguna de las variaciones ni casos propuestos: es un análisis directo en cual se compara la distancia de visibilidad de parada con la visibilidad de parada disponible obtenida mediante la lectura del modelo digital del terreno (MDT), con el fin de obtener los resultados respecto a la verificación de las mismas, y por ende, el grado de seguridad que arrojan tales resultados del análisis propuesto.

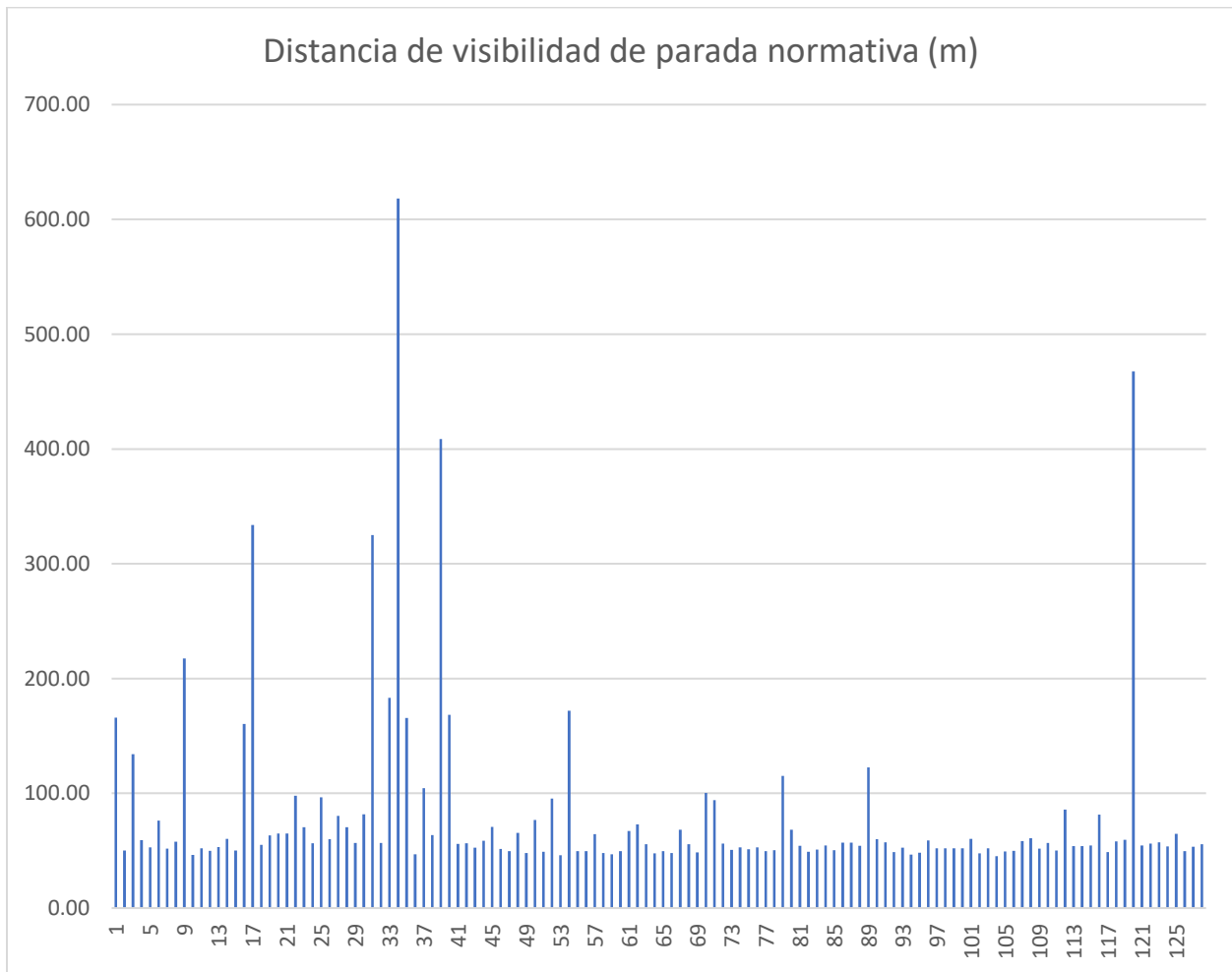


Ilustración 42: distancia de parada normativa (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC)

Para el tramo 1, utilizando la norma de trazado española, se puede ver cómo la mayoría de las distancias de visibilidad de parada se encuentran por debajo de los 100 metros o alrededor de este valor, con un promedio de 80.97 metros. Superando el valor de los 200 metros, y llegando a un máximo de más de 600 metros de distancia de visibilidad de parada, concretamente el valor máximo es de 618.17 metros en la curva número 34, solamente hay unas pocas curvas: exactamente 6 superan este valor, representando el 4.69% del total, y esto se debe principalmente

a que en estas curvas la velocidad específica alcanza los valores más altos en todo el tramo, de hasta 100 km/h; en estas curvas se pueden observar los mayores valores de radio en metros, los cuales son los que en un principio, pero no exclusivamente, permiten la existencia de velocidades altas, relativamente. Sin embargo, y en contraste con este valor máximo de distancia de visibilidad de parada normativa, se tiene un valor mínimo de 45.12 metros, en la curva número 104, el cual es notablemente inferior al valor máximo.

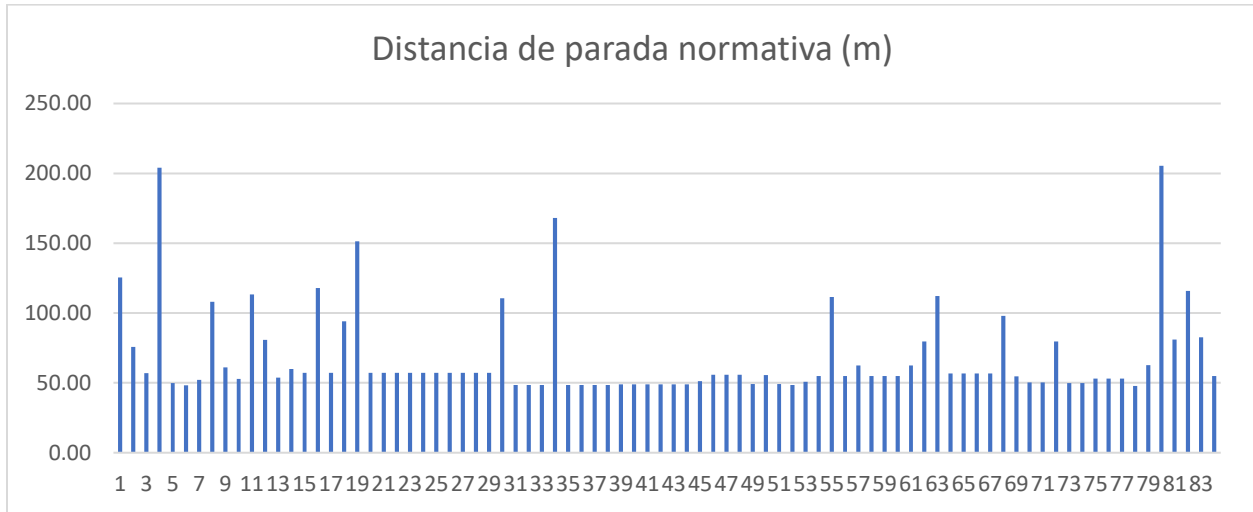


Ilustración 43: distancia de parada normativa (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC)

Siguiendo con el análisis mediante la norma española, en el tramo 2 de la carretera de estudio, se observa un comportamiento similar al tramo 1, siendo la única diferencia que en este tramo los valores de distancia de visibilidad de parada son mucho más conservadores: el valor promedio para esta distancia es de 68.41 metros. Un total de 51 curvas se encuentran entre los 50 y 100 metros (60.71%). Finalmente, se tienen distancias máximas de poco más de 200 metros: en dos curvas, específicamente la curva número 80 con un valor de 205.37 metros y la curva número 4, la cual posee un valor de distancia de visibilidad de parada de 203.98 metros. El valor mínimo es 47.71, el cual si bien es cierto se encuentra bastante alejado en valor al máximo, la diferencia entre ambos (157.66 metros para el tramo 2) es relativamente menor que el tramo 1 (573.05). En estas distancias de visibilidad de parada máximas para este tramo, se podrán observar igualmente valores elevados de velocidad específica.

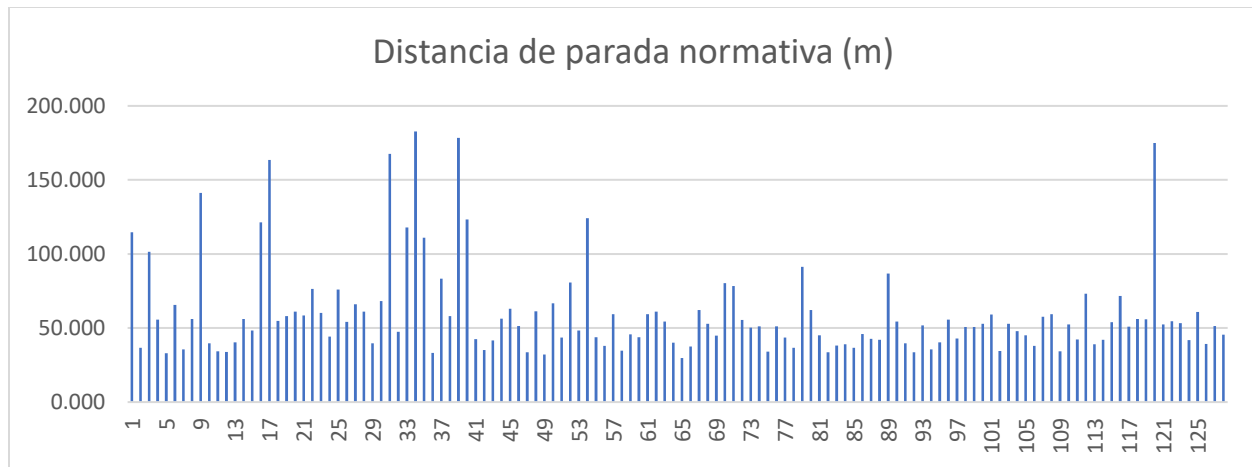


Ilustración 44: distancia de parada normativa (tramo 1 – AASHTO)

Tal y como se ha explicado en numerosas ocasiones anteriores en esta investigación, el enfoque de la misma se hace a través de la normativa AASHTO. Y observando los resultados obtenidos mediante la misma, es interesante ver el contraste que se produce entre ambas normativas usadas en este trabajo.

Es evidente ver a simple vista que la normativa AASHTO es totalmente diferente pues los valores de distancia de visibilidad de parada son mayores. En este caso, el valor mínimo es de 29.89 metros en la curva número 65, mientras que el máximo es de 182.78 metros en la curva número 34, y el valor promedio es de 59.69 metros. Cabe destacar que, para este tramo, los valores de distancia de visibilidad de parada normativa son más parecidos y promediabiles que en su homólogo para para la normativa española: esto se debe a la metodología que ambas normativas usando con el fin de calcular esta variable. Contrastando las velocidades y otras características geométricas como el radio de las curvas donde se muestran los valores más elevados para la distancia de visibilidad de parada, se puede determinar que existe una relación directa entre estos.

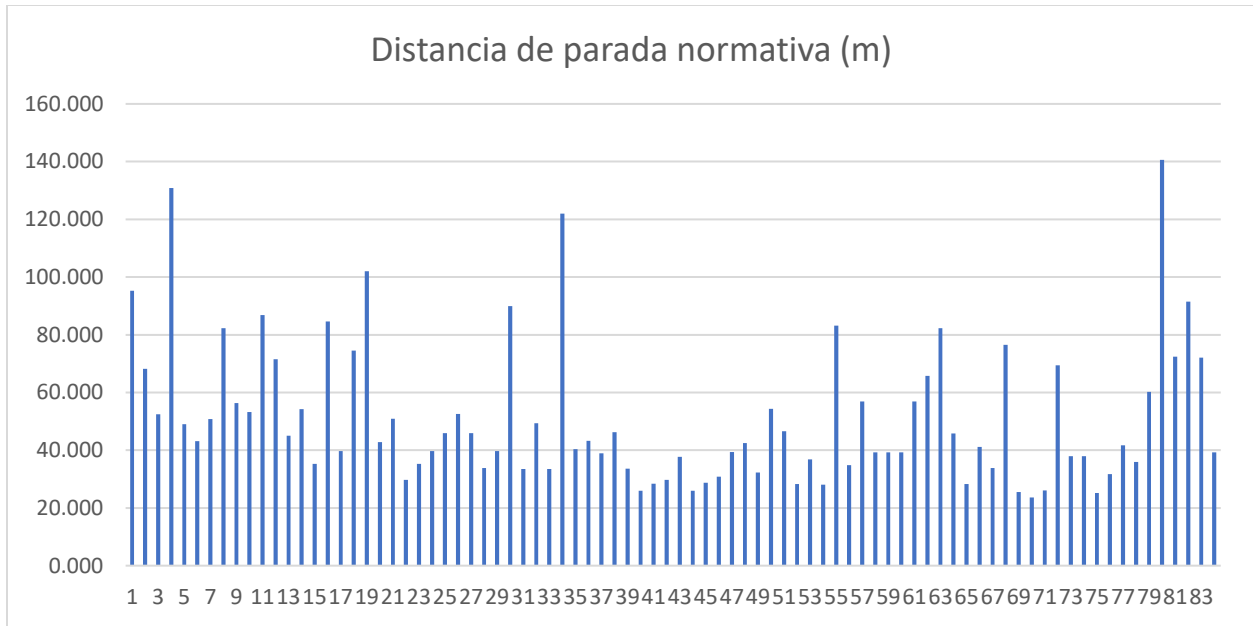


Ilustración 45: distancia de parada normativa (tramo 2 – AASHTO)

El mismo caso se repite para el tramo 2 en el análisis mediante el uso de la normativa AASHTO. Se tiene un valor máximo de 140.56 metros en la curva 80, un mínimo de 23.67 metros en la curva 70 y un valor promedio de 51.10 metros. En el tramo 2, es importante señalar que, si bien a simple vista ambas gráficas parecen ser distintas, sus respectivos valores promedios son relativamente parecidos.

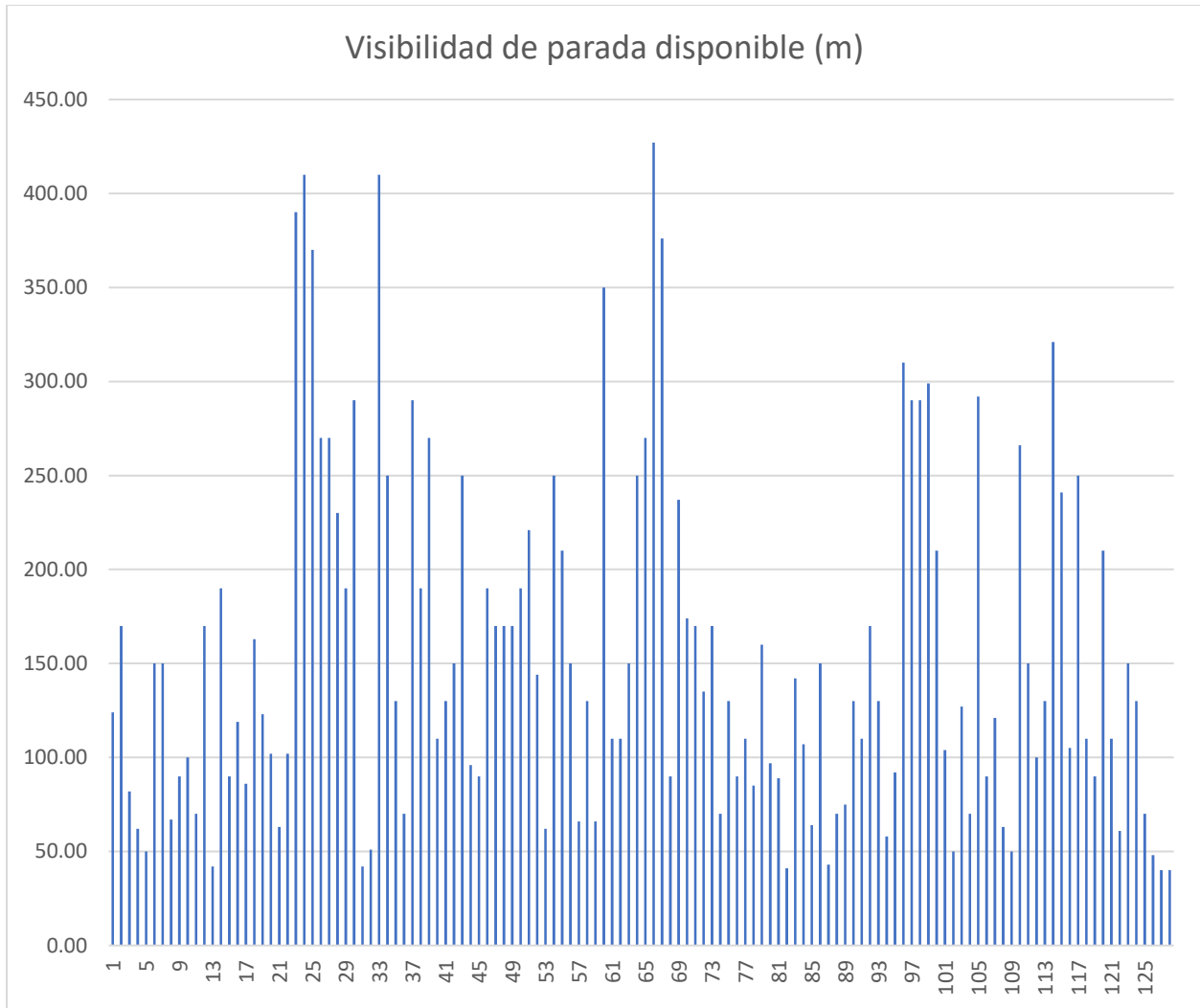


Ilustración 46: visibilidad de parada disponible (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC)

Los valores de visibilidad de parada disponible que se presentan en esta gráfica corresponden al valor mínimo presente en cada una de las curvas que componen este tramo. La razón de utilizar los valores mínimos es la de poder verificar más rápida y eficientemente si éstas se cumplen de acuerdo a la normativa en cada caso, una vez sean comparadas con las distancias de visibilidad de parada normativa y la de alcance, siendo esta última la que concierne principalmente el objeto y propósito de esta investigación.

En el tramo 1 se pueden observar diferencias relativamente grandes entre los valores de visibilidad de parada disponible entre las curvas del mismo. Con un valor mínimo de 40 metros (curva 127), un máximo de 427 metros (curva 66) y valor promedio de 154.09 metros, numéricamente se puede determinar que existe un grado importante de complejidad geométrica en la carretera, específicamente en este tramo y, por ende, el factor de seguridad se vuelve más difícil de verificar y certificar.

Estos valores de visibilidad de parada disponible, obtenidos mediante la lectura del modelo digital del terreno, se ven afectados principalmente por la geometría del terreno, más específicamente, los despejes laterales en cada una de las curvas.

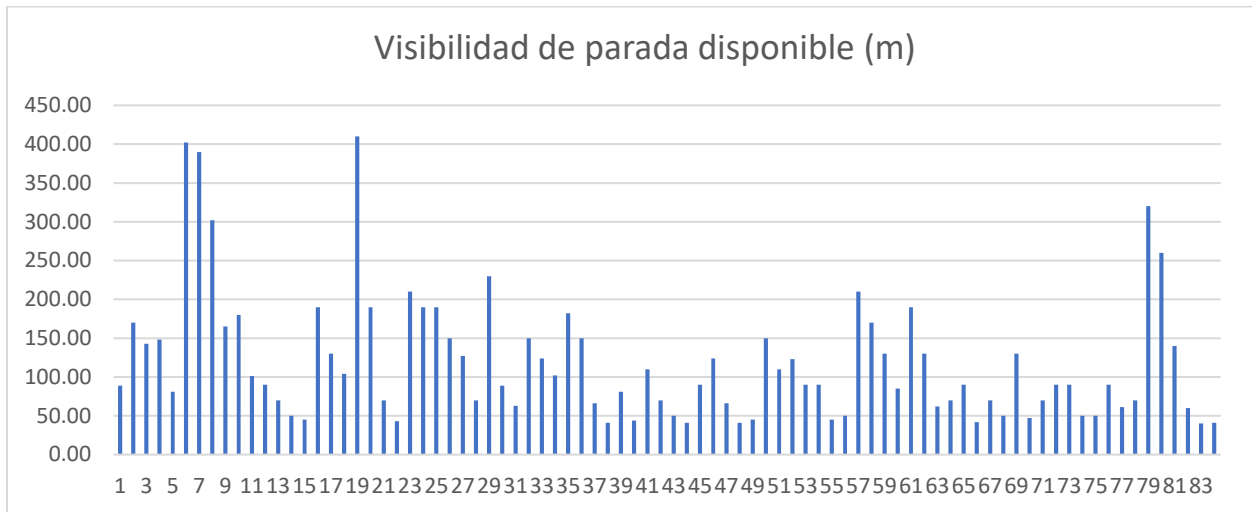


Ilustración 47: visibilidad de parada disponible (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC)

En el tramo 2, la visibilidad de parada disponible promedio es de 119.35 metros, la máxima es de 410 metros (curva 19) y la mínima es de 40 metros (curva 83). Salvo el caso de los picos en la gráfica correspondientes a las curvas número 19 (410 metros), número 6 (402 metros), número 7 (390 metros), número 79 (320 metros), número 8 (302) y número 80 (260 metros), el resto de curvas se encuentra relativamente cerca del promedio en cuanto al valor de las distancias de visibilidad.

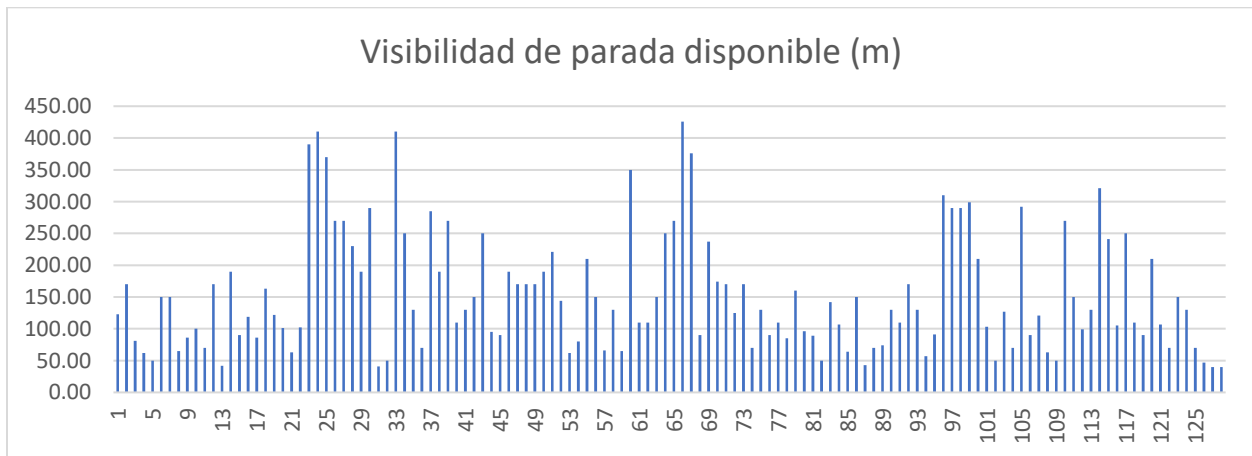


Ilustración 48: visibilidad de parada disponible (tramo 1 - AASHTO)

De entrada, se puede ver que el tramo 1, de acuerdo a la normativa AASHTO, y si bien es cierto que posee más curvas que el tramo 2 (44 curvas más exactamente), en relación a las distancias de visibilidad de cada una de sus curvas que lo componen, es más complejo: con un valor máximo de 426 metros, un mínimo de 40 metros y un promedio de 152.62 metros, se puede afirmar que este tramo arrojará resultados finales diversos. Es interesante ver los cambios radicales entre una curva

y otra, de los cuales se pueden resaltar, por ejemplo, entre la curva 22 y la 23, existe un salto de 288 metros en el valor de visibilidad de parada disponible (102 metros y 390 metros respectivamente).

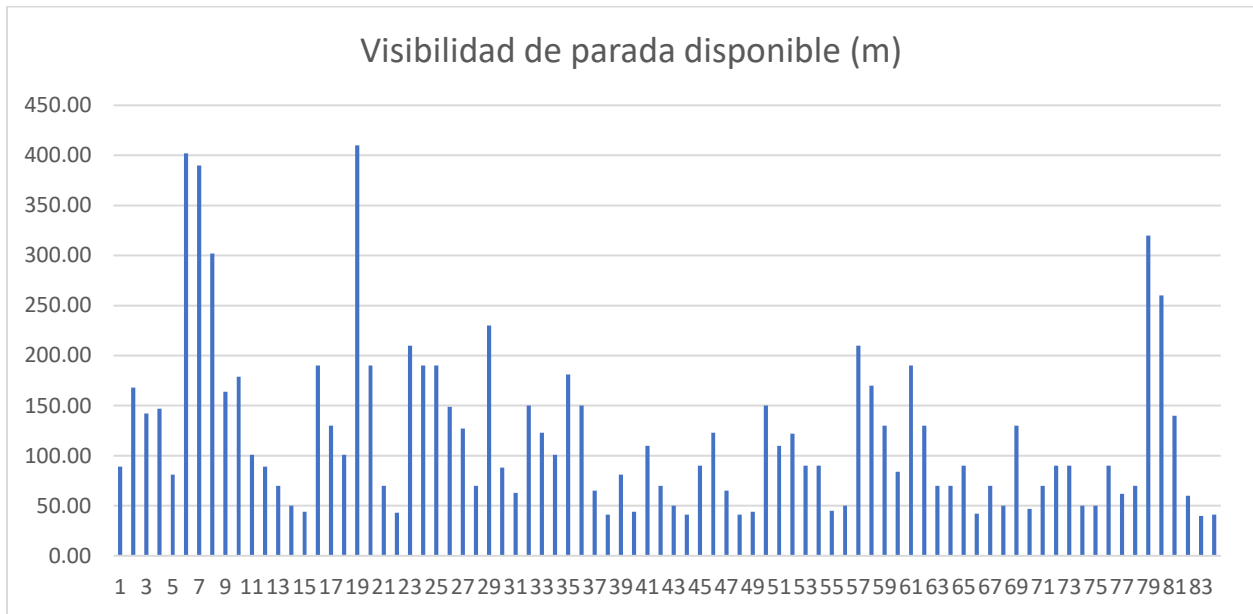


Ilustración 49: visibilidad de parada disponible (tramo 2 – AASHTO)

El tramo 2 posee al igual que el tramo 1, diferencias notables entre una y otra curva: en la curva 18 se tiene un valor de 101 metros de visibilidad de parada disponible, y justamente en la curva siguiente, la curva 19, el valor es de 410 metros, una diferencia de 309 metros (un poco más de 4 veces mayor). Este fenómeno, como se ha visto en casos anteriores, y para diferentes variables con los valores de velocidad específica, por ejemplo, se repite en otras curvas, siendo igualmente un descenso considerable, y en otros casos, la variación es aún menos, casi despreciable.

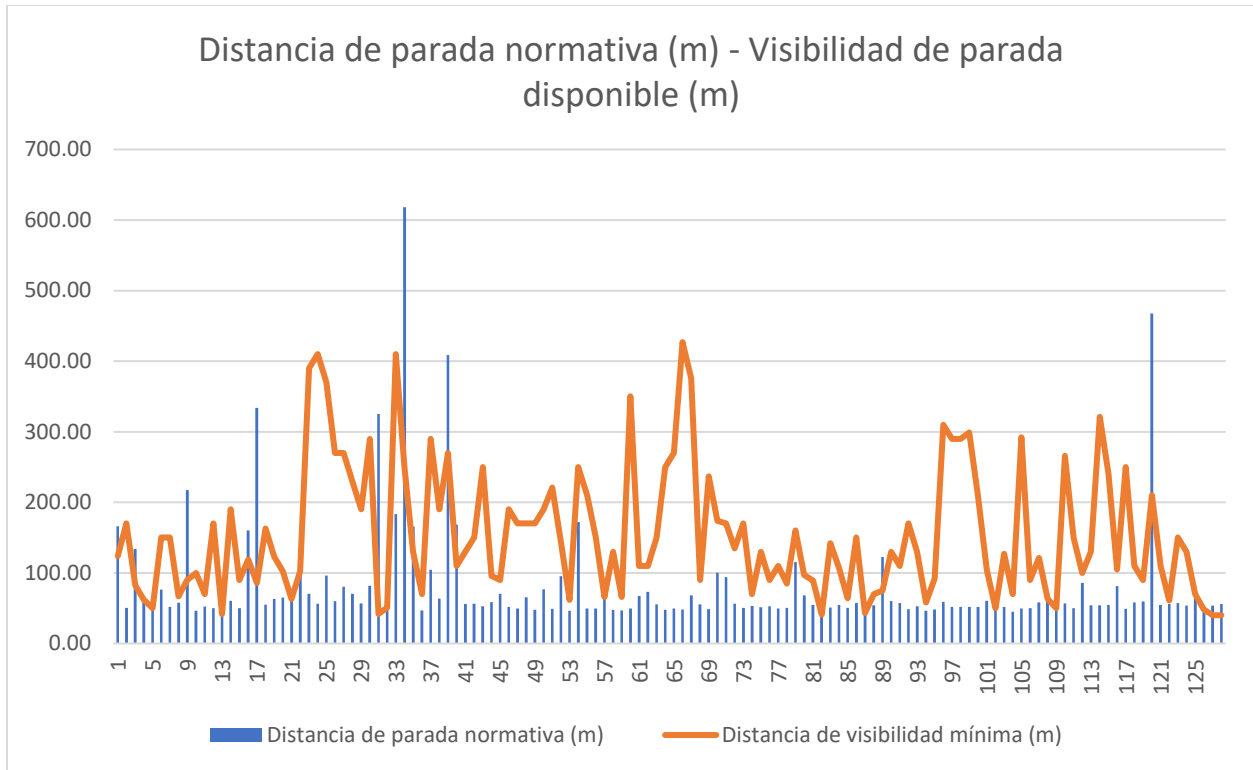


Ilustración 50: distancia de parada-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC)

Una vez se transponen las gráficas de ambas, visibilidad de parada disponible y distancia de visibilidad de parada, se puede determinar fácilmente cómo en algunas curvas no se verifica el cumplimiento de las distancias de visibilidad, es decir, cuando la visibilidad de parada disponible (VPD) es mayor que la de parada (DVP), en pocas palabras, de acuerdo a ambas normativas, $VPD > DVP$.

A continuación, se muestra una gráfica donde se muestran las curvas donde no se verifica el cumplimiento de las distancias de visibilidad:

No. Curva	Distancia de parada normativa (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)	Diferencia entre DV y DVP
1.00	165.92	124.00	-41.92
3.00	134.05	82.00	-52.05
5.00	52.80	50.00	-2.80
9.00	217.51	90.00	-127.51
13.00	53.15	42.00	-11.15
16.00	160.37	119.00	-41.37
17.00	333.88	86.00	-247.88
21.00	64.90	63.00	-1.90
31.00	325.05	42.00	-283.05
32.00	56.66	51.00	-5.66

34.00	618.17	250.00	-368.17
35.00	165.63	130.00	-35.63
39.00	408.71	270.00	-138.71
40.00	168.28	110.00	-58.28
82.00	49.07	41.00	-8.07
87.00	57.10	43.00	-14.10
89.00	122.54	75.00	-47.54
109.00	51.69	50.00	-1.69
120.00	467.51	210.00	-257.51
126.00	49.61	48.00	-1.61
127.00	53.48	40.00	-13.48
128.00	55.72	40.00	-15.72

Tabla 19: distancia de parada-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC)

En esta tabla se tiene un total de 22 curvas, numeradas cada una, en donde no se cumple la verificación expuesta anteriormente. Para cada una de las curvas se ha calculado la diferencia entre la DV y DVP, en donde el valor que se muestra negativo representa la cantidad de metros faltantes en esa curva necesarios para cumplir normativamente con las distancias necesarias.

Algunas curvas, como la 109 y la 126, no cumplen con la normativa por diferencias relativamente mínimas (1.69 metros y 1.61 metros respectivamente), mientras que otras, como la número 31 y la número 34, poseen diferencias notablemente mayores: 283.05 metros y 368.17 metros respectivamente.

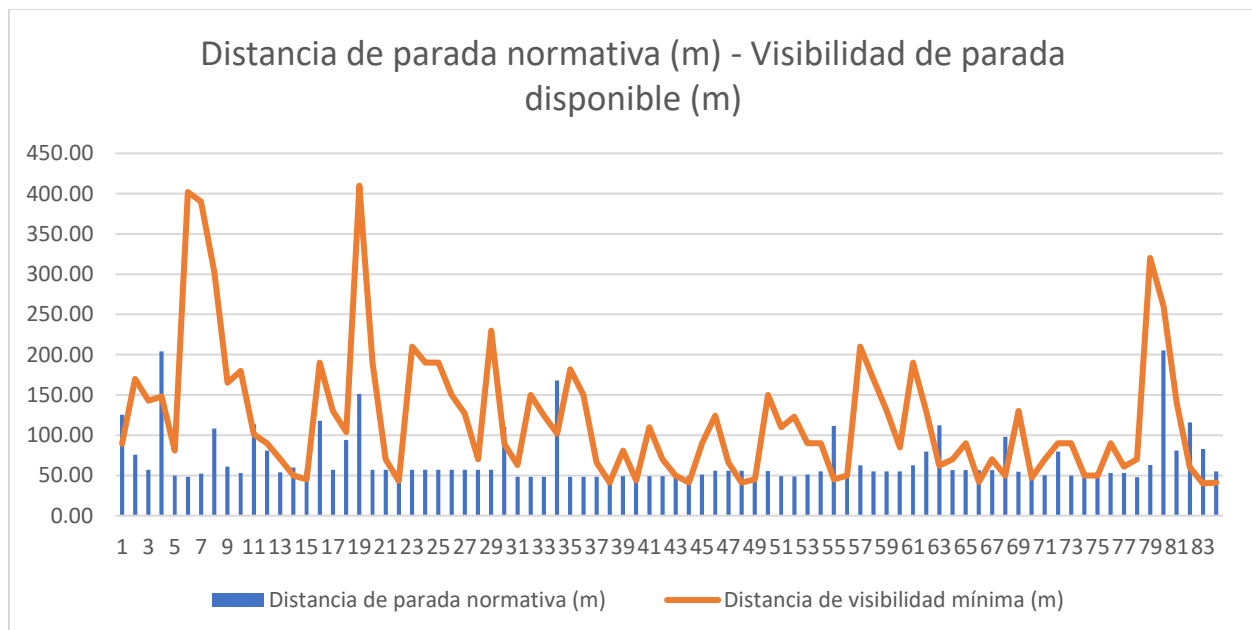


Ilustración 51: distancia de parada-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC)

No. Curva	Distancia de parada normativa (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)	Diferencia de velocidades	Diferencia de velocidades
1.00	125.53	89.00	47.75	-36.53
4.00	203.98	148.00	52.78	-55.98
11.00	113.28	101.00	38.60	-12.28
14.00	59.87	50.00	9.34	-9.87
15.00	57.13	45.00	11.89	-12.13
22.00	57.13	43.00	20.93	-14.13
30.00	110.52	89.00	47.69	-21.52
34.00	167.98	102.00	61.69	-65.98
38.00	48.41	41.00	24.69	-7.41
40.00	49.03	44.00	23.18	-5.03
44.00	49.03	41.00	23.18	-8.03
48.00	55.77	41.00	10.33	-14.77
49.00	49.16	45.00	22.87	-4.16
55.00	111.59	45.00	29.63	-66.59
56.00	54.94	50.00	11.63	-4.94
63.00	112.26	62.00	25.96	-50.26
66.00	56.70	42.00	11.63	-14.70
68.00	98.06	50.00	21.22	-48.06
70.00	50.33	47.00	20.23	-3.33
75.00	52.97	50.00	20.23	-2.97
82.00	115.93	60.00	43.93	-55.93
83.00	82.68	40.00	33.93	-42.68
84.00	54.95	41.00	11.61	-13.95

Tabla 20: distancia de parada-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC)

En esta tabla se tiene un total de 23 curvas en donde no se cumple la verificación de visibilidades. Para cada una de las curvas se ha calculado la diferencia entre la DV y DVP, en donde el valor que se muestra negativo representa la cantidad de metros faltantes en esa curva necesarios para cumplir normativamente con las distancias necesarias.

Algunas curvas, como la 70 y la 75, no cumplen con la normativa por diferencias relativamente mínimas 3.33 metros y 2.97 metros respectivamente), mientras que otras, como la número 34 y la número 55, poseen diferencias mayores: 65.98 metros y 66.59 metros respectivamente.

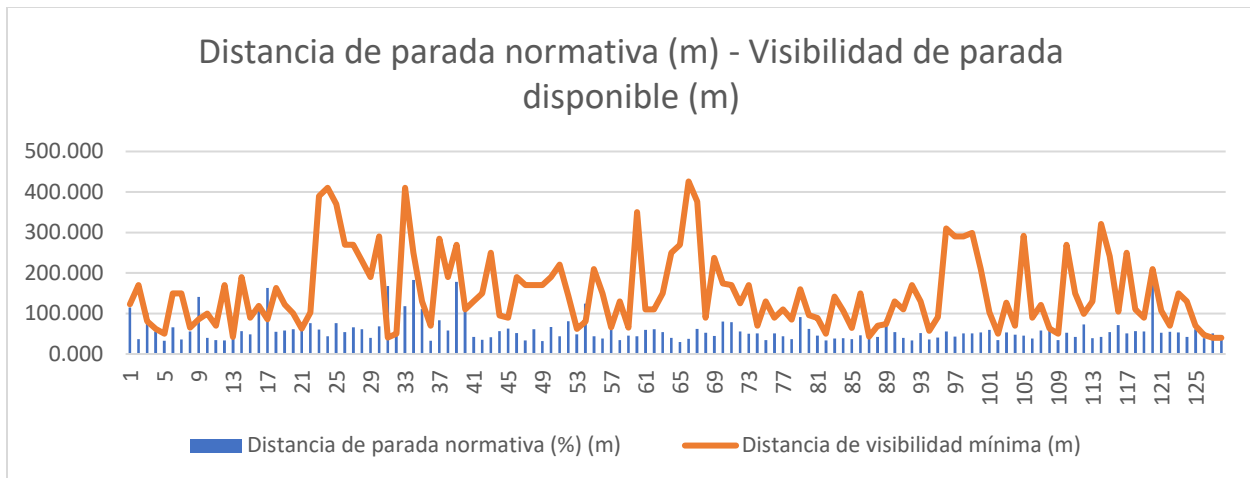


Ilustración 52: distancia de parada-visibilidad (tramo 1 – AASHTO)

No. Curva	Distancia de parada normativa (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)	Diferencia de distancias
3.00	101.53	81.00	53.75
9.00	141.25	86.00	65.49
16.00	121.31	119.00	70.26
17.00	163.45	86.00	87.26
31.00	167.68	41.00	64.02
40.00	123.31	110.00	69.36
54.00	124.20	80.00	67.86
89.00	86.75	74.00	30.22
127.00	51.29	40.00	18.07
128.00	45.56	40.00	10.41

Tabla 21: distancia de parada-visibilidad (tramo 1 – AASHTO)

En esta tabla se tiene un total de 10 curvas en donde no se cumple la verificación de visibilidades. Para cada una de las curvas se ha calculado la diferencia entre la DV y DVP, en donde el valor que se muestra negativo representa la cantidad de metros faltantes en esa curva necesarios para cumplir normativamente con las distancias necesarias.

Algunas curvas, como 128, no cumplen con la normativa por diferencias relativamente mínimas (10.41 metros de diferencia), mientras que otras, como la número 34, poseen diferencias mayores: 87.26 metros de déficit.

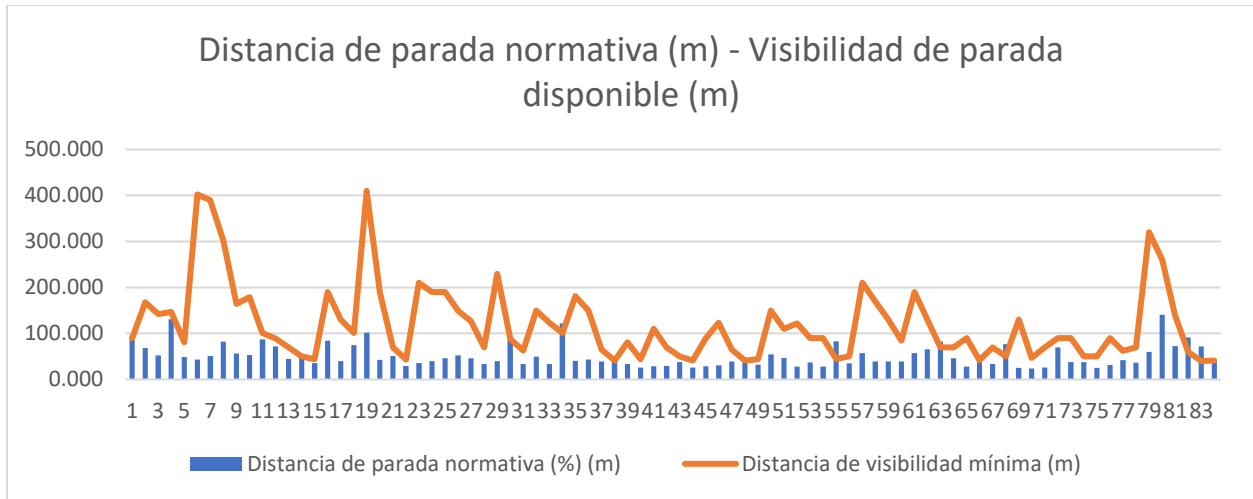


Ilustración 53: distancia de parada-visibilidad (tramo 2 – AASHTO)

No. Curva	Distancia de parada normativa (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)	Diferencia de distancias
1.00	95.25	89.00	50.75
14.00	54.25	50.00	13.34
30.00	89.97	88.00	51.69
34.00	122.01	101.00	66.69
38.00	46.25	41.00	26.69
48.00	42.45	41.00	8.33
55.00	83.19	45.00	32.63
63.00	82.28	70.00	28.96
68.00	76.52	50.00	25.22
82.00	91.50	60.00	47.93
83.00	72.14	40.00	37.93

Tabla 22: distancia de parada-visibilidad (tramo 2 – AASHTO)

En esta tabla se tiene un total de 11 curvas en donde no se cumple la verificación de visibilidades. Para cada una de las curvas se ha calculado la diferencia entre la DV y DVP, en donde el valor que se muestra negativo representa la cantidad de metros faltantes en esa curva necesarios para cumplir normativamente con las distancias necesarias.

Algunas curvas, como 48, no cumplen con la normativa por diferencias relativamente mínimas (8.33 metros de diferencia), mientras que otras, como la número 34, poseen diferencias mayores: 66.69 metros de déficit.

6.3. Caso A: el ciclista se encuentra en el borde de la calzada

El primer caso de estudio de este trabajo se describe de la siguiente manera: tal y como estipula la ley en España, en la ausencia de arcén, como es el caso de la carretera objeto del estudio presente, el o los ciclistas deberán circular lo más cerca posible del borde exterior de la superficie de la carretera (ver acápite “2.1.1 Normativa relacionada a la conducción de bicicletas”).



Ilustración 54: ejemplo de circulación de ciclista en la calzada por la ausencia de arcén

Con el fin de determinar la variabilidad de la visibilidad de parada disponible, la cual se obtiene a través de la lectura del modelo digital del terreno (MDT), utilizando el programa CLIP de TOOL, S.A., el cual proporciona una herramienta capaz de modificar los parámetros necesarios para la obtención de la misma; entre dichos parámetros se pueden destacar la altura del objeto (en este caso el objeto viene a ser el ciclista), la posición desde la cual se medirá la distancia desde donde se observa el objeto (en el presente trabajo se ha elegido el centro del carril, y tomando en cuenta el ancho promedio de carril, se sitúa el ciclista a la distancia del eje conveniente según cada caso).

6.3.1. Comparación mediante la determinación de ubicaciones en las que no se verifica la distancia de parada de alcance

En primer lugar, se presentan los resultados de la verificación del cumplimiento de las distancias de visibilidad en cada una de las curvas para ambos tramos, mediante la norma española. Visto anteriormente el caso en que se utilizan datos estrictamente normativos (distancia de visibilidad de parada de acuerdo a la norma asumiendo que el objeto es estático y las visibilidades no se ven afectadas por ningún factor externo a la normativa), ahora se presenta el caso en el cual se analizan

las curvas teniendo en cuenta la distancia de visibilidad de alcance, y el ciclista se encuentra en el borde externo de la calzada.

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 2 metros

A continuación, se tiene la gráfica donde se superponen los resultados de ambas distancias, la de visibilidad y la de alcance. Los resultados obtenidos en la siguiente gráfica contemplan una distancia de seguridad entre el vehículo y el ciclista de 2 metros.

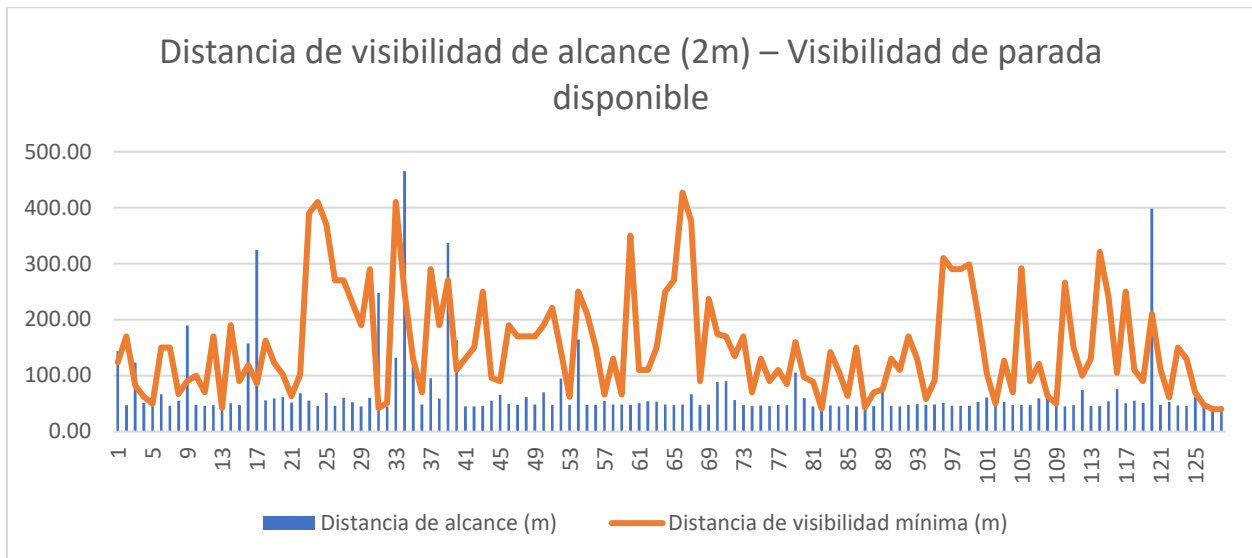


Ilustración 55: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

En el tramo 1, utilizando la norma española, y con una distancia de seguridad de 2 metros, se tiene que un total de 16 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 12.5% del total de las 128 curvas analizadas. A continuación, se presenta una tabla detallada con estas curvas:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	143.63	124.00
3	9+842.253	9+889.982	123.26	82.00
9	10+131.635	10+184.466	189.55	90.00
13	10+539.404	10+543.865	45.68	42.00
16	10+697.212	10+715.437	157.34	119.00
17	10+738.724	10+806.699	324.45	86.00
31	12+079.358	12+088.791	248.08	42.00
34	12+255.783	12+363.371	465.41	250.00
39	12+812.671	12+940.040	337.35	270.00
40	13+192.098	13+198.449	163.31	110.00
82	15+993.881	16+011.649	47.87	41.00

87	16+255.705	16+271.917	44.97	43.00
89	16+391.554	16+417.595	84.92	75.00
120	19+120.992	19+153.091	398.14	210.00
127	19+916.620	19+921.404	45.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	44.86	40.00

Tabla 23: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 3 metros

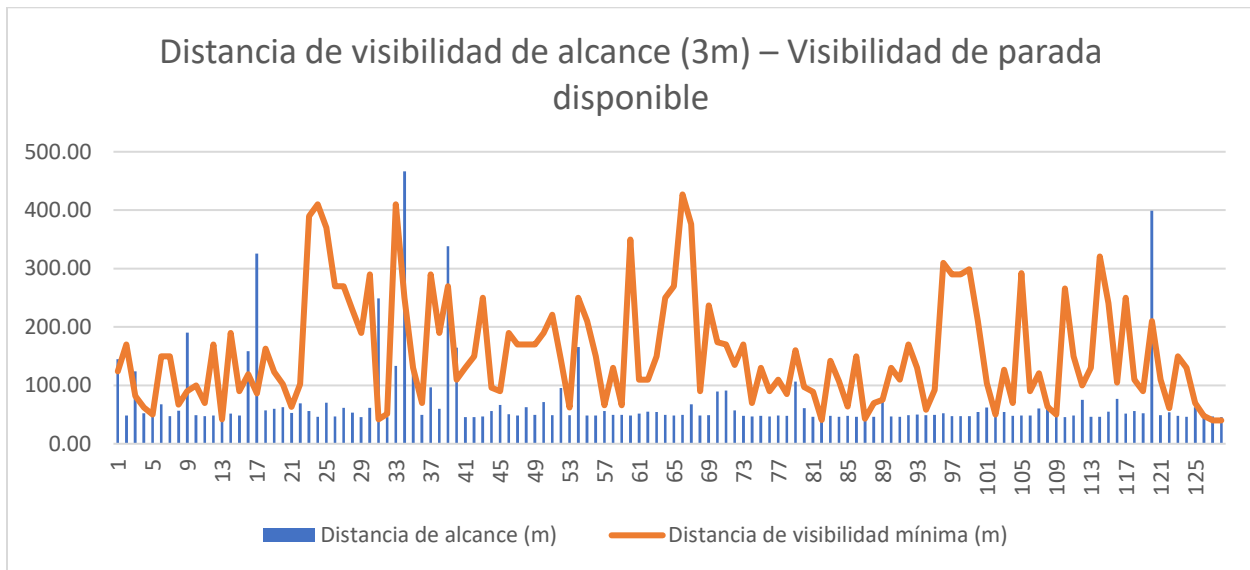


Ilustración 56: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

En el tramo 1, utilizando la norma española, y con una distancia de seguridad de 3 metros, se tiene que un total de 17 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 13.28% del total de las 128 curvas analizadas. En relación con el caso anterior, los resultados para una distancia de seguridad de 2 metros, se tiene un aumento de una curva, la #126, la cual no cumple con la verificación por una diferencia mínima de 0.564 metros. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	144.63	124.00
3	9+842.253	9+889.982	124.26	82.00
9	10+131.635	10+184.466	190.55	90.00
13	10+539.404	10+543.865	46.68	42.00
16	10+697.212	10+715.437	158.34	119.00
17	10+738.724	10+806.699	325.45	86.00
31	12+079.358	12+088.791	249.08	42.00

34	12+255.783	12+363.371	466.41	250.00
39	12+812.671	12+940.040	338.35	270.00
40	13+192.098	13+198.449	164.31	110.00
82	15+993.881	16+011.649	48.87	41.00
87	16+255.705	16+271.917	45.97	43.00
89	16+391.554	16+417.595	85.92	75.00
120	19+120.992	19+153.091	399.14	210.00
126	19+776.992	19+840.526	48.56	48.00
127	19+916.620	19+921.404	46.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	45.86	40.00

Tabla 24: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 4 metros

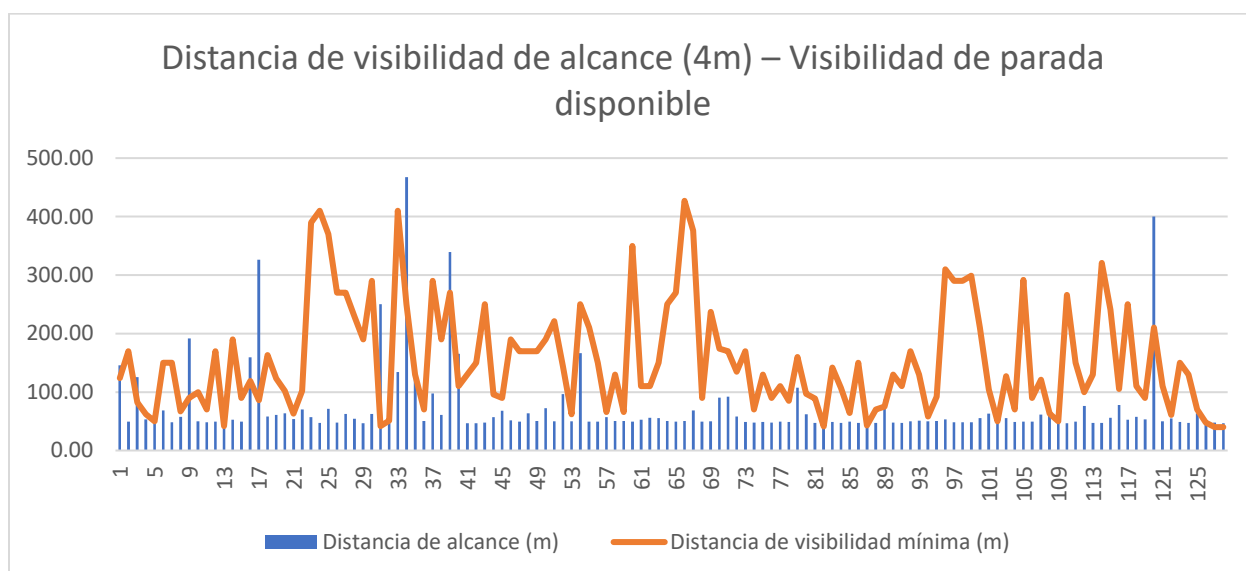


Ilustración 57: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

En el tramo 1, utilizando la norma española, y con una distancia de seguridad de 4 metros, se tiene que un total de 20 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 15.63% del total de las 128 curvas analizadas. En relación con el caso anterior, los resultados para una distancia de seguridad de 3 metros, se tiene un aumento de 3 curvas, la #35, #102 y la #108, las cuales no cumplen con la verificación antes mencionada. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	145.63	124.00
3	9+842.253	9+889.982	125.26	82.00
9	10+131.635	10+184.466	191.55	90.00

13	10+539.404	10+543.865	47.68	42.00
16	10+697.212	10+715.437	159.34	119.00
17	10+738.724	10+806.699	326.45	86.00
31	12+079.358	12+088.791	250.08	42.00
34	12+255.783	12+363.371	467.41	250.00
35	12+445.590	12+478.001	130.93	130.00
39	12+812.671	12+940.040	339.35	270.00
40	13+192.098	13+198.449	165.31	110.00
82	15+993.881	16+011.649	49.87	41.00
87	16+255.705	16+271.917	46.97	43.00
89	16+391.554	16+417.595	86.92	75.00
102	17+517.278	17+551.135	50.60	50.00
108	17+997.522	18+015.532	63.49	63.00
120	19+120.992	19+153.091	400.14	210.00
126	19+776.992	19+840.526	49.56	48.00
127	19+916.620	19+921.404	47.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	46.86	40.00

Tabla 25: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 2 metros

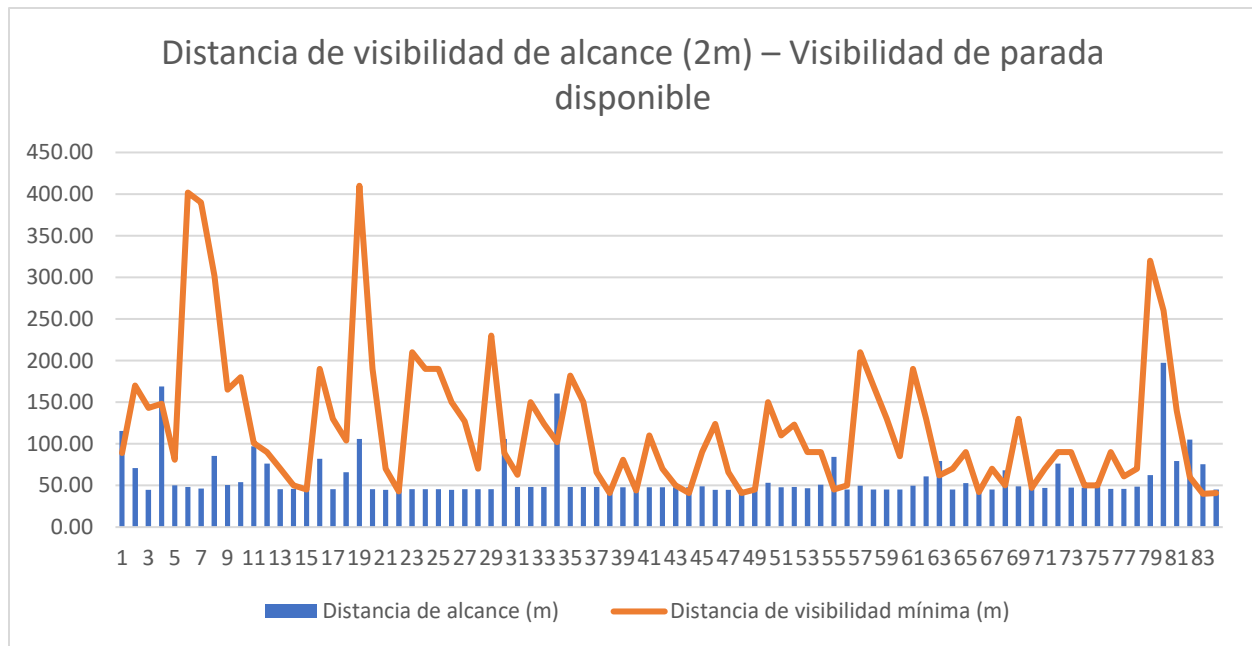


Ilustración 58: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

En el tramo 2, utilizando la norma española, y con una distancia de seguridad de 2 metros, se tiene que un total de 19 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 22.62% del total de las 84 curvas analizadas. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	115.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	168.84	148.00
15	0+694.069	0+714.069	45.47	45.00
22	1+019.277	1+049.548	50.55	43.00
30	1+313.866	1+339.620	105.71	89.00
34	1+471.970	1+513.424	160.32	102.00
38	1+677.789	1+684.228	48.23	41.00
40	1+758.456	1+768.385	47.90	44.00
44	1+865.536	1+891.316	47.90	41.00
48	2+048.022	2+061.012	44.85	41.00
49	2+078.572	2+110.924	47.82	45.00
55	2+541.717	2+586.405	84.30	45.00
63	3+023.393	3+043.695	79.41	62.00
66	3+155.505	3+177.133	45.32	42.00
68	3+226.544	3+291.706	68.35	50.00
70	3+330.302	3+350.127	47.15	47.00
82	3+907.941	3+921.882	105.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	75.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	45.04	41.00

Tabla 26: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 3 metros

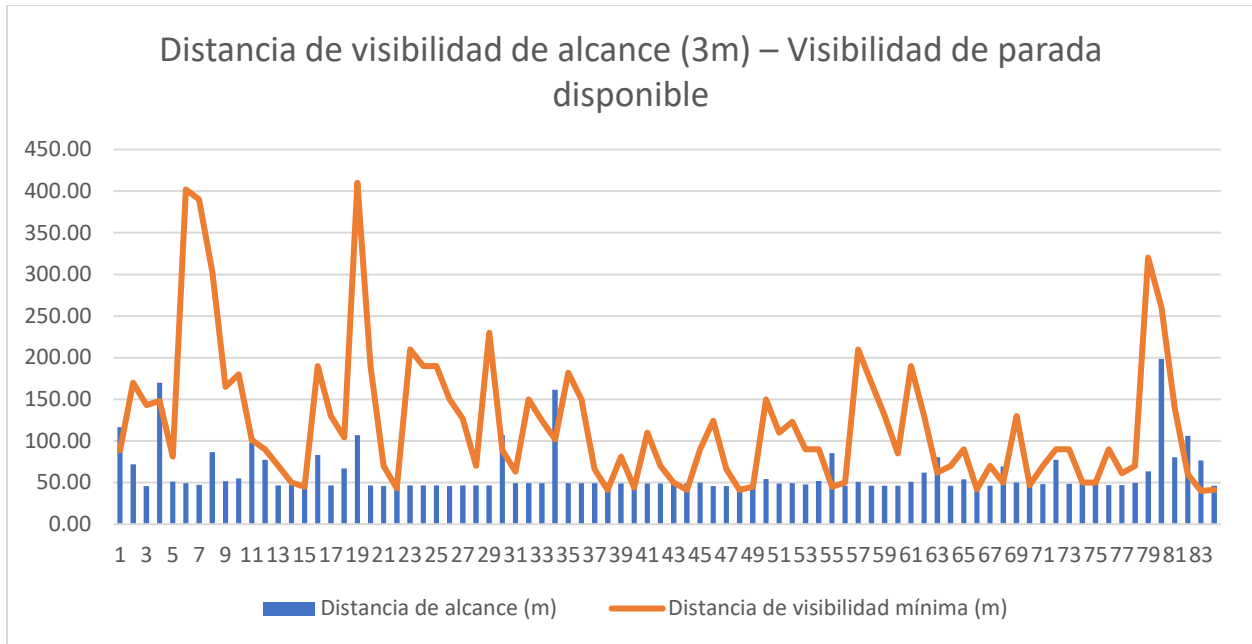


Ilustración 59: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

En el tramo 2, utilizando la norma española, y con una distancia de seguridad de 3 metros, se tiene que un total de 19 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 22.62% del total de las 84 curvas analizadas.

Como se puede apreciar, para ambas distancias de seguridad, el resultado es el mismo: la diferencia de 1 metro no representa un aumento en el porcentaje de curvas que no cumplen con la verificación. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	116.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	169.84	148.00
15	0+694.069	0+714.069	46.47	45.00
22	1+019.277	1+049.548	51.55	43.00
30	1+313.866	1+339.620	106.71	89.00
34	1+471.970	1+513.424	161.32	102.00
38	1+677.789	1+684.228	49.23	41.00
40	1+758.456	1+768.385	48.90	44.00
44	1+865.536	1+891.316	48.90	41.00
48	2+048.022	2+061.012	45.85	41.00
49	2+078.572	2+110.924	48.82	45.00
55	2+541.717	2+586.405	85.30	45.00

63	3+023.393	3+043.695	80.41	62.00
66	3+155.505	3+177.133	46.32	42.00
68	3+226.544	3+291.706	69.35	50.00
70	3+330.302	3+350.127	48.15	47.00
82	3+907.941	3+921.882	106.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	76.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	46.04	41.00

Tabla 27: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 4 metros

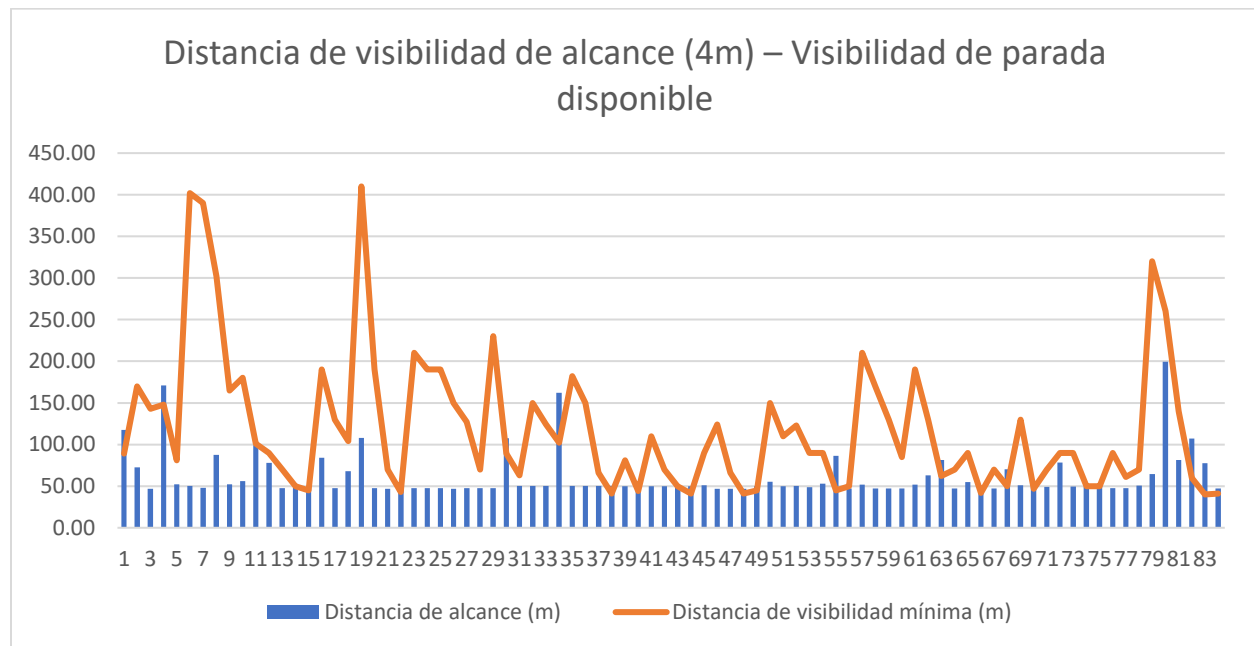


Ilustración 60: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

En el tramo 2, utilizando la norma española, y con una distancia de seguridad de 4 metros, se tiene que un total de 20 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 23.81% del total de las 84 curvas analizadas.

El aumento de 1 metro conlleva consiguiente al aumento del total observado anteriormente para este tramo de una curva más que no cumple la verificación, específicamente la curva #75, la cual no cumple por una diferencia de 0.27 metros. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	117.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	170.84	148.00
15	0+694.069	0+714.069	47.47	45.00

22	1+019.277	1+049.548	52.55	43.00
30	1+313.866	1+339.620	107.71	89.00
34	1+471.970	1+513.424	162.32	102.00
38	1+677.789	1+684.228	50.23	41.00
40	1+758.456	1+768.385	49.90	44.00
44	1+865.536	1+891.316	49.90	41.00
48	2+048.022	2+061.012	46.85	41.00
49	2+078.572	2+110.924	49.82	45.00
55	2+541.717	2+586.405	86.30	45.00
63	3+023.393	3+043.695	81.41	62.00
66	3+155.505	3+177.133	47.32	42.00
68	3+226.544	3+291.706	70.35	50.00
70	3+330.302	3+350.127	49.15	47.00
75	3+468.229	3+494.798	50.27	50.00
82	3+907.941	3+921.882	107.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	77.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	47.04	41.00

Tabla 28: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 2 metros

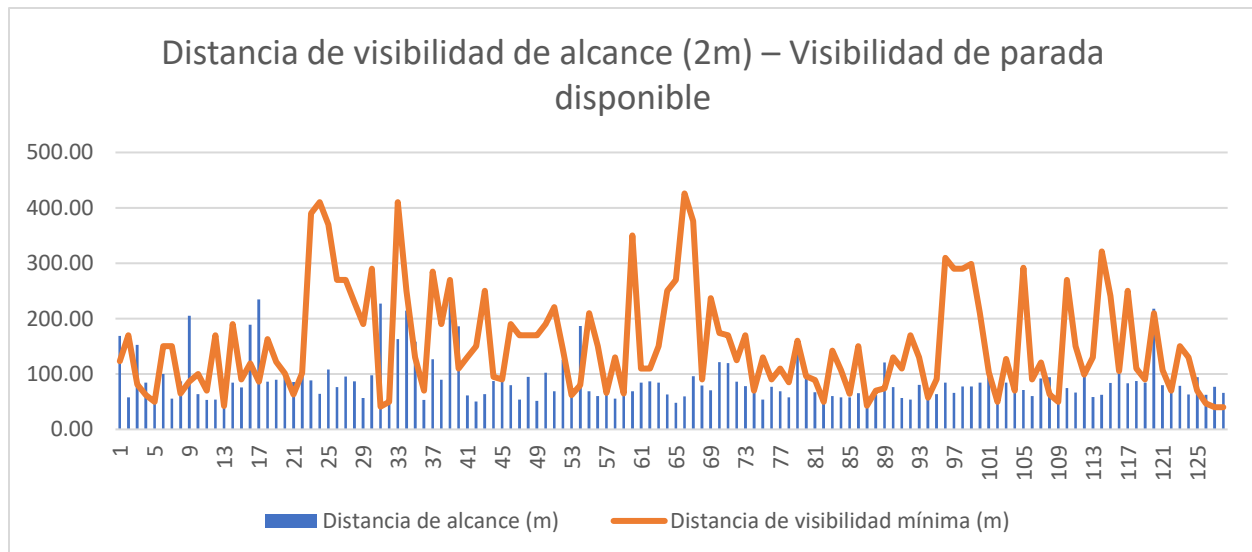


Ilustración 61: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 2m)

En el tramo 1, utilizando la norma AASHTO, y con una distancia de seguridad de 2 metros, se tiene que un total de 37 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 28.91% del total de las 128 curvas analizadas. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	168.69	123.00
3	9+842.253	9+889.982	152.74	81.00
4	9+903.593	9+916.604	84.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	50.66	50.00
8	10+073.865	10+098.712	86.97	65.00
9	10+131.635	10+184.466	205.09	86.00
13	10+539.404	10+543.865	61.05	42.00
16	10+697.212	10+715.437	188.96	119.00
17	10+738.724	10+806.699	234.56	86.00
21	11+034.683	11+077.265	85.78	63.00
22	11+105.112	11+127.492	107.32	102.00
31	12+079.358	12+088.791	227.04	41.00
32	12+107.649	12+139.162	67.32	50.00
35	12+445.590	12+478.001	158.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	186.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	97.06	90.00
53	14+003.800	14+012.726	77.25	62.00
54	14+027.129	14+028.727	186.77	80.00
57	14+139.981	14+177.396	89.45	66.00
59	14+286.221	14+299.989	72.05	65.00
74	15+343.718	15+346.575	77.09	70.00
82	15+993.881	16+011.649	53.94	50.00
87	16+255.705	16+271.917	60.93	43.00
89	16+391.554	16+417.595	121.08	74.00
94	16+822.740	16+843.650	57.43	57.00
102	17+517.278	17+551.135	55.08	50.00
104	17+730.238	17+736.402	78.49	70.00
108	17+997.522	18+015.532	93.98	63.00
109	18+052.222	18+087.912	53.42	50.00
112	18+285.135	18+292.022	110.27	99.00
116	18+661.626	18+689.675	109.86	105.00
120	19+120.992	19+153.091	217.99	210.00
122	19+323.564	19+356.636	84.76	70.00
125	19+720.355	19+728.220	94.22	70.00

126	19+776.992	19+840.526	62.24	47.00
127	19+916.620	19+921.404	76.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	65.81	40.00

Tabla 29: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 2m)

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 3 metros

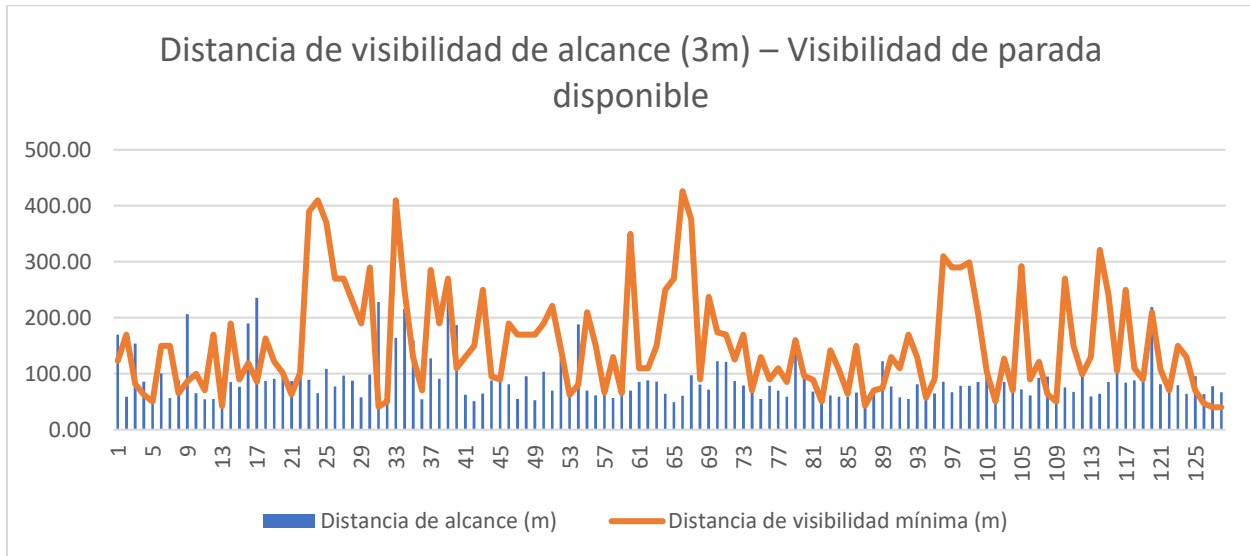


Ilustración 62: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 3m)

En el tramo 1, utilizando la norma AASHTO, y con una distancia de seguridad de 3 metros, se tiene que un total de 37 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 28.91% del total de las 128 curvas analizadas.

Como se puede apreciar, para ambas distancias de seguridad, el resultado es el mismo: la diferencia de 1 metro no representa un aumento en el porcentaje de curvas que no cumplen con la verificación. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	169.69	123.00
3	9+842.253	9+889.982	153.74	81.00
4	9+903.593	9+916.604	85.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	51.66	50.00
8	10+073.865	10+098.712	87.97	65.00
9	10+131.635	10+184.466	206.09	86.00
13	10+539.404	10+543.865	62.05	42.00
16	10+697.212	10+715.437	189.96	119.00
17	10+738.724	10+806.699	235.56	86.00
21	11+034.683	11+077.265	86.78	63.00

22	11+105.112	11+127.492	108.32	102.00
31	12+079.358	12+088.791	228.04	41.00
32	12+107.649	12+139.162	68.32	50.00
35	12+445.590	12+478.001	159.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	187.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	98.06	90.00
53	14+003.800	14+012.726	78.25	62.00
54	14+027.129	14+028.727	187.77	80.00
57	14+139.981	14+177.396	90.45	66.00
59	14+286.221	14+299.989	73.05	65.00
74	15+343.718	15+346.575	78.09	70.00
82	15+993.881	16+011.649	54.94	50.00
87	16+255.705	16+271.917	61.93	43.00
89	16+391.554	16+417.595	122.08	74.00
94	16+822.740	16+843.650	58.43	57.00
102	17+517.278	17+551.135	56.08	50.00
104	17+730.238	17+736.402	79.49	70.00
108	17+997.522	18+015.532	94.98	63.00
109	18+052.222	18+087.912	54.42	50.00
112	18+285.135	18+292.022	111.27	99.00
116	18+661.626	18+689.675	110.86	105.00
120	19+120.992	19+153.091	218.99	210.00
122	19+323.564	19+356.636	85.76	70.00
125	19+720.355	19+728.220	95.22	70.00
126	19+776.992	19+840.526	63.24	47.00
127	19+916.620	19+921.404	77.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	66.81	40.00

Tabla 30: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 3m)

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 4 metros

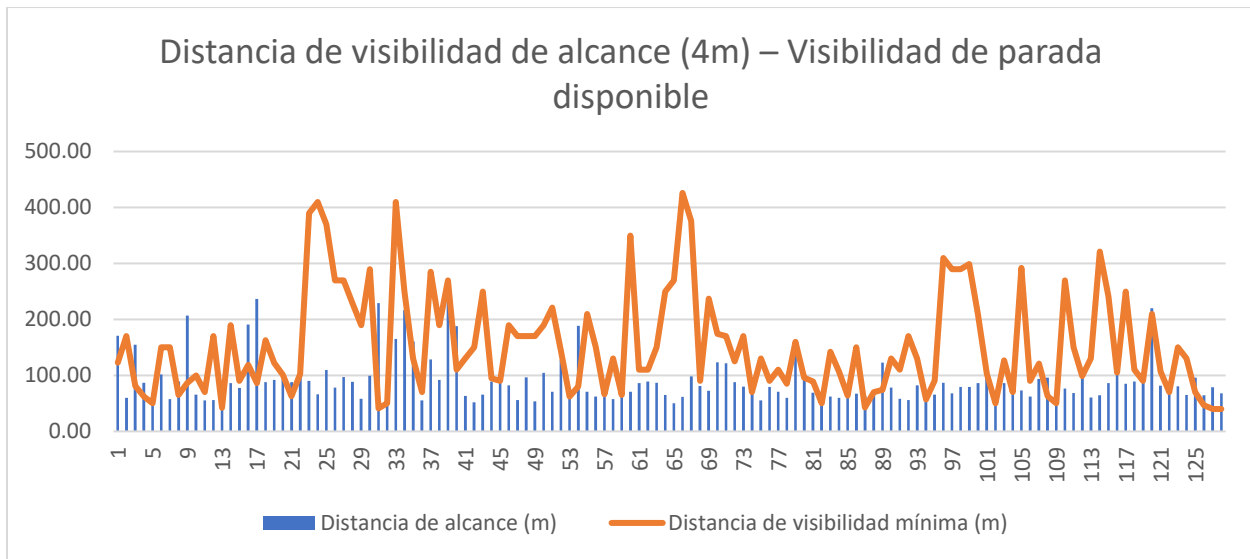


Ilustración 63: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 4m)

En el tramo 1, utilizando la norma AASHTO, y con una distancia de seguridad de 4 metros, se tiene que un total de 38 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 29.69% del total de las 128 curvas analizadas.

El aumento de 1 metro conlleva consiguiente al aumento del total observado anteriormente para este tramo de una curva más que no cumple la verificación, específicamente la curva #80, la cual no cumple por una diferencia de 0.73 metros. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	170.69	123.00
3	9+842.253	9+889.982	154.74	81.00
4	9+903.593	9+916.604	86.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	52.66	50.00
8	10+073.865	10+098.712	88.97	65.00
9	10+131.635	10+184.466	207.09	86.00
13	10+539.404	10+543.865	63.05	42.00
16	10+697.212	10+715.437	190.96	119.00
17	10+738.724	10+806.699	236.56	86.00
21	11+034.683	11+077.265	87.78	63.00
22	11+105.112	11+127.492	109.32	102.00
31	12+079.358	12+088.791	229.04	41.00
32	12+107.649	12+139.162	69.32	50.00

35	12+445.590	12+478.001	160.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	188.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	99.06	90.00
53	14+003.800	14+012.726	79.25	62.00
54	14+027.129	14+028.727	188.77	80.00
57	14+139.981	14+177.396	91.45	66.00
59	14+286.221	14+299.989	74.05	65.00
74	15+343.718	15+346.575	79.09	70.00
80	15+763.594	15+768.377	96.73	96.00
82	15+993.881	16+011.649	55.94	50.00
87	16+255.705	16+271.917	62.93	43.00
89	16+391.554	16+417.595	123.08	74.00
94	16+822.740	16+843.650	59.43	57.00
102	17+517.278	17+551.135	57.08	50.00
104	17+730.238	17+736.402	80.49	70.00
108	17+997.522	18+015.532	95.98	63.00
109	18+052.222	18+087.912	55.42	50.00
112	18+285.135	18+292.022	112.27	99.00
116	18+661.626	18+689.675	111.86	105.00
120	19+120.992	19+153.091	219.99	210.00
122	19+323.564	19+356.636	86.76	70.00
125	19+720.355	19+728.220	96.22	70.00
126	19+776.992	19+840.526	64.24	47.00
127	19+916.620	19+921.404	78.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	67.81	40.00

Tabla 31: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 4m)

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 2 metros

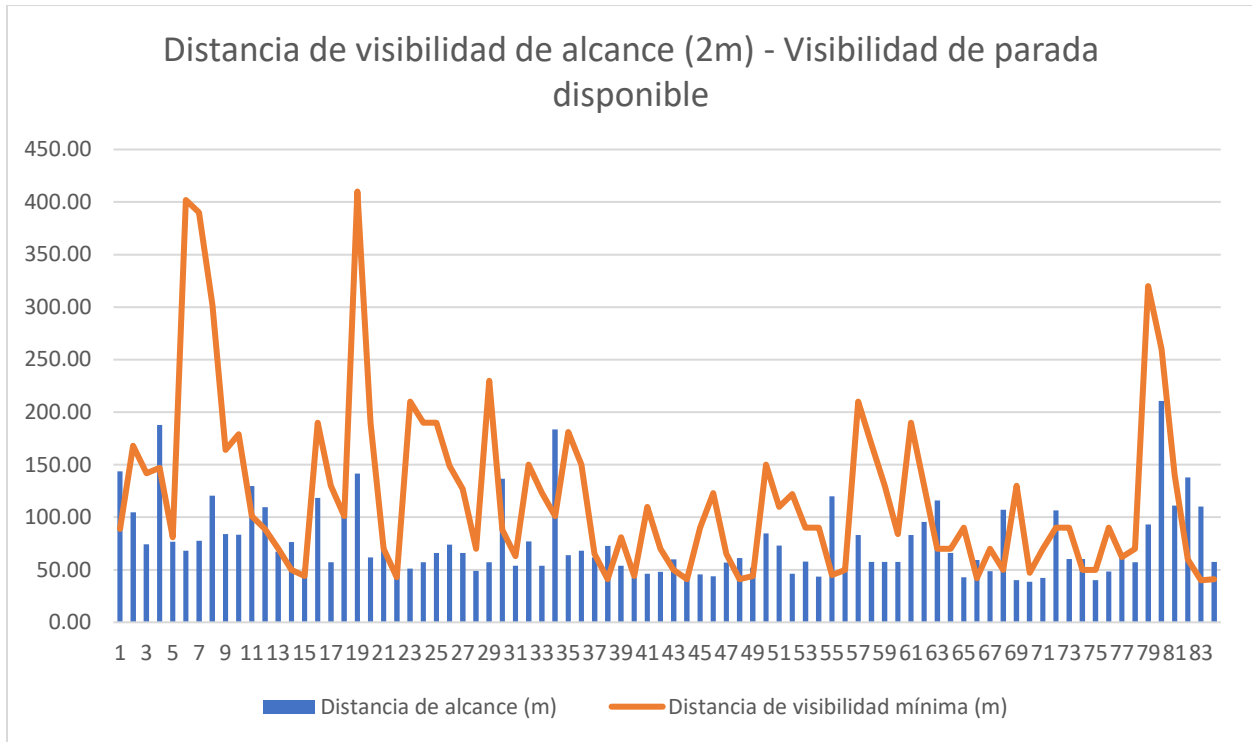


Ilustración 64: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 2m)

En el tramo 2, utilizando la norma AASHTO, y con una distancia de seguridad de 2 metros, se tiene que un total de 27 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 32.14% del total de las 84 curvas analizadas. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	143.72	89.00
4	0+140.156	0+152.545	187.82	147.00
11	0+579.763	0+589.567	129.56	101.00
12	0+601.505	0+617.389	109.64	89.00
14	0+683.202	0+694.069	76.45	50.00
15	0+694.069	0+714.069	50.95	44.00
18	0+802.796	0+821.186	104.62	101.00
21	1+002.876	1+019.277	71.62	70.00
22	1+019.277	1+049.548	45.10	43.00
30	1+313.866	1+339.620	136.82	88.00
34	1+471.970	1+513.424	183.52	101.00
38	1+677.789	1+684.228	72.59	41.00

43	1+851.579	1+855.535	60.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	42.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	61.20	41.00
49	2+078.572	2+110.924	51.97	44.00
55	2+541.717	2+586.405	119.84	45.00
56	2+606.405	2+637.237	50.99	50.00
63	3+023.393	3+043.695	115.87	70.00
66	3+155.505	3+177.133	59.42	42.00
68	3+226.544	3+291.706	107.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	106.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	60.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	63.37	62.00
82	3+907.941	3+921.882	137.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	110.12	40.00
84	3+978.705	3+994.894	57.47	41.00

Tabla 32: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 2m)

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 3 metros

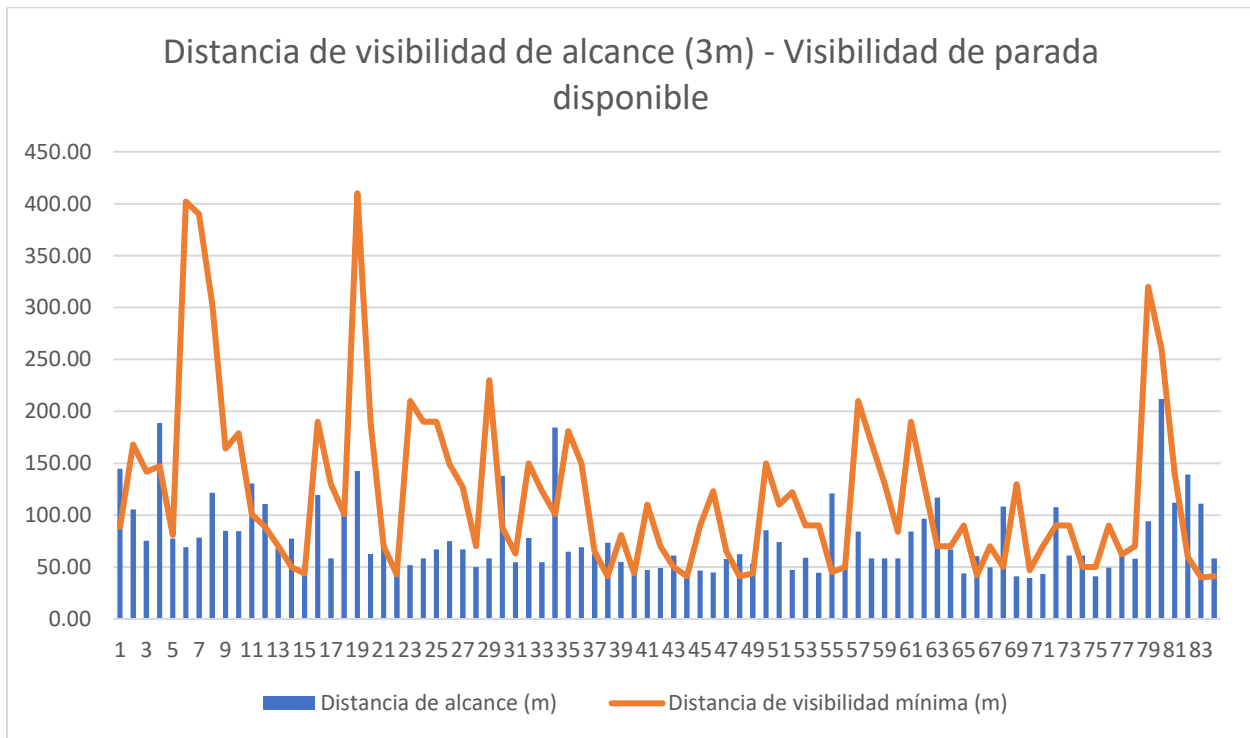


Ilustración 65: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 3m)

En el tramo 2, utilizando la norma AASHTO, y con una distancia de seguridad de 3 metros, se tiene que un total de 27 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 32.14% del total de las 84 curvas analizadas.

Como se puede apreciar, para ambas distancias de seguridad, el resultado es el mismo: la diferencia de 1 metro no representa un aumento en el porcentaje de curvas que no cumplen con la verificación. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	144.72	89.00
4	0+140.156	0+152.545	188.82	147.00
11	0+579.763	0+589.567	130.56	101.00
12	0+601.505	0+617.389	110.64	89.00
14	0+683.202	0+694.069	77.45	50.00
15	0+694.069	0+714.069	51.95	44.00
18	0+802.796	0+821.186	105.68	101.00
21	1+002.876	1+019.277	72.62	70.00
22	1+019.277	1+049.548	46.10	43.00
30	1+313.866	1+339.620	137.82	88.00
34	1+471.970	1+513.424	184.52	101.00
38	1+677.789	1+684.228	73.59	41.00
43	1+851.579	1+855.535	61.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	43.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	62.20	41.00
49	2+078.572	2+110.924	52.97	44.00
55	2+541.717	2+586.405	120.84	45.00
56	2+606.405	2+637.237	51.99	50.00
63	3+023.393	3+043.695	116.87	70.00
66	3+155.505	3+177.133	60.42	42.00
68	3+226.544	3+291.706	108.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	107.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	61.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	64.37	62.00
82	3+907.941	3+921.882	138.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	111.12	40.00
84	3+978.705	3+994.894	58.47	41.00

Tabla 33: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 3m)

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 4 metros

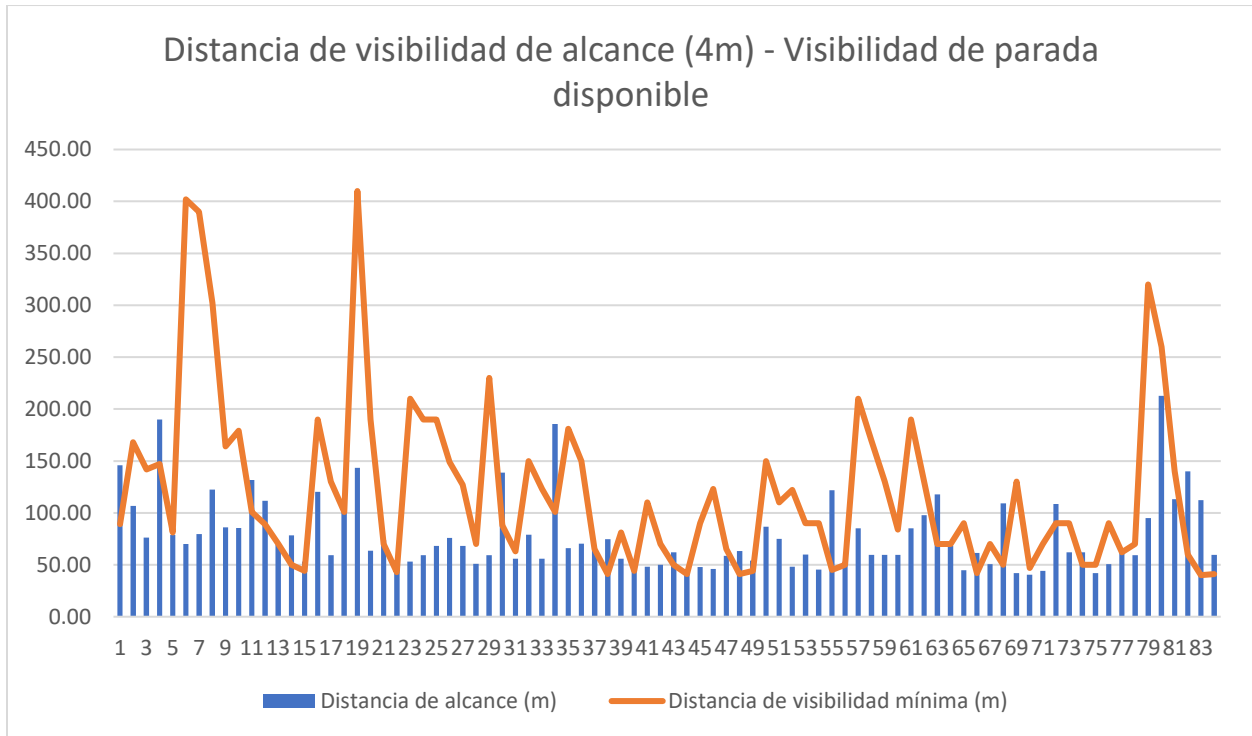


Ilustración 66: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 4m)

En el tramo 2, utilizando la norma AASHTO, y con una distancia de seguridad de 4 metros, se tiene que un total de 28 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 33.33% del total de las 84 curvas analizadas.

El aumento de 1 metro conlleva consigo al aumento del total observado anteriormente para este tramo de una curva más que no cumple la verificación, específicamente la curva #40, la cual no cumple por una diferencia de 0.48 metros. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	145.72	89.00
4	0+140.156	0+152.545	189.82	147.00
11	0+579.763	0+589.567	131.56	101.00
12	0+601.505	0+617.389	111.64	89.00
14	0+683.202	0+694.069	78.45	50.00
15	0+694.069	0+714.069	52.95	44.00
18	0+802.796	0+821.186	106.62	101.00
21	1+002.876	1+019.277	73.62	70.00
22	1+019.277	1+049.548	47.10	43.00

30	1+313.866	1+339.620	138.82	88.00
34	1+471.970	1+513.424	185.52	101.00
38	1+677.789	1+684.228	74.59	41.00
40	1+758.456	1+768.385	44.48	44.00
43	1+851.579	1+855.535	62.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	44.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	63.20	41.00
49	2+078.572	2+110.924	53.97	44.00
55	2+541.717	2+586.405	121.84	45.00
56	2+606.405	2+637.237	52.99	50.00
63	3+023.393	3+043.695	117.87	70.00
66	3+155.505	3+177.133	61.42	42.00
68	3+226.544	3+291.706	109.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	108.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	62.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	65.37	62.00
82	3+907.941	3+921.882	139.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	112.12	40.00
84	3+978.705	3+994.894	59.47	41.00

Tabla 34: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 4m)

6.3.2. Análisis de las distancias de alcance según velocidades de operación en curvas

Tal y como se ha visto en el acápite anterior, determinar en cuáles curvas no se verifica el cumplimiento de la distancia de visibilidad de parada mediante la inclusión de la nueva variable (la distancia de visibilidad de alcance, la cual es una variación de la distancia de visibilidad de parada tomando en cuenta objetos dinámicos, como es el caso de este estudio, el ciclista) se ha hecho mediante la comparación con la visibilidad de parada disponible de acuerdo a las normativas española y estadounidense. Ahora bien, es importante indagar un poco más, y tratar de determinar exactamente cómo afecta la velocidad del vehículo, la velocidad del ciclista e incluso la diferencia entre estas dos velocidades respecto a la distancia de visibilidad de alcance. Para ello, se ha llevado a cabo un análisis similar al anterior, incluyendo en este las velocidades antes mencionadas y la diferencia numérica entre las mismas.

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	73.00	22.34	50.66	143.63	124.00
3	9+842.253	9+889.982	68.00	18.25	49.75	123.26	82.00
9	10+131.635	10+184.466	82.00	22.51	59.49	189.55	90.00
13	10+539.404	10+543.865	40.00	25.34	14.66	45.68	42.00
16	10+697.212	10+715.437	78.00	12.74	65.26	157.34	119.00

17	10+738.724	10+806.699	100.00	12.74	87.26	324.45	86.00
31	12+079.358	12+088.791	90.00	30.98	59.02	248.08	42.00
34	12+255.783	12+363.371	100.00	31.51	68.49	465.41	250.00
39	12+812.671	12+940.040	100.00	27.76	72.24	337.35	270.00
40	13+192.098	13+198.449	78.00	13.64	64.36	163.31	110.00
82	15+993.881	16+011.649	40.00	16.92	23.08	47.87	41.00
87	16+255.705	16+271.917	40.00	29.84	10.16	44.97	43.00
89	16+391.554	16+417.595	59.00	31.78	27.22	84.92	75.00
120	19+120.992	19+153.091	100.00	24.55	75.45	398.14	210.00
127	19+916.620	19+921.404	40.00	25.93	14.07	45.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	40.00	29.59	10.41	44.86	40.00

Tabla 35: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

En la tabla anterior, se tiene una relación de las diferencias de velocidades vehículo – ciclista frente a la distancia de visibilidad de alcance y su verificación. En esta tabla se muestran solamente las curvas donde no se verifica el cumplimiento de la visibilidad; en el Anexo se pueden observar con más lujo de detalle las tablas completas con el fin de obtener mayor profundidad respecto al análisis en cuestión.

Con el fin de facilitar el cálculo y análisis, se ha tomado la diferencia de velocidades promedio, teniendo como diferencia máxima un valor de 87.26 km/h, y un mínimo de 8.88 km/h. El valor promedio es de 26.04 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 11 sobre 16 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 68.75% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentra dentro del rango superior de diferencia de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	73.00	22.34	50.66	144.63	124.00
3	9+842.253	9+889.982	68.00	18.25	49.75	124.26	82.00
9	10+131.635	10+184.466	82.00	22.51	59.49	190.55	90.00
13	10+539.404	10+543.865	40.00	25.34	14.66	46.68	42.00
16	10+697.212	10+715.437	78.00	12.74	65.26	158.34	119.00
17	10+738.724	10+806.699	100.00	12.74	87.26	325.45	86.00
31	12+079.358	12+088.791	90.00	30.98	59.02	249.08	42.00
34	12+255.783	12+363.371	100.00	31.51	68.49	466.41	250.00
39	12+812.671	12+940.040	100.00	27.76	72.24	338.35	270.00
40	13+192.098	13+198.449	78.00	13.64	64.36	164.31	110.00
82	15+993.881	16+011.649	40.00	16.92	23.08	48.87	41.00
87	16+255.705	16+271.917	40.00	29.84	10.16	45.97	43.00
89	16+391.554	16+417.595	59.00	31.78	27.22	85.92	75.00
120	19+120.992	19+153.091	100.00	24.55	75.45	399.14	210.00

126	19+776.992	19+840.526	40.00	18.19	21.81	48.56	48.00
127	19+916.620	19+921.404	40.00	25.93	14.07	46.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	40.00	29.59	10.41	45.86	40.00

Tabla 36: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

El valor promedio es de 26.04 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 11 sobre 17 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 64.71% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	73.00	22.34	50.66	145.63	124.00
3	9+842.253	9+889.982	68.00	18.25	49.75	125.26	82.00
9	10+131.635	10+184.466	82.00	22.51	59.49	191.55	90.00
13	10+539.404	10+543.865	40.00	25.34	14.66	47.68	42.00
16	10+697.212	10+715.437	78.00	12.74	65.26	159.34	119.00
17	10+738.724	10+806.699	100.00	12.74	87.26	326.45	86.00
31	12+079.358	12+088.791	90.00	30.98	59.02	250.08	42.00
34	12+255.783	12+363.371	100.00	31.51	68.49	467.41	250.00
35	12+445.590	12+478.001	70.00	27.64	42.36	130.93	130.00
39	12+812.671	12+940.040	100.00	27.76	72.24	339.35	270.00
40	13+192.098	13+198.449	78.00	13.64	64.36	165.31	110.00
82	15+993.881	16+011.649	40.00	16.92	23.08	49.87	41.00
87	16+255.705	16+271.917	40.00	29.84	10.16	46.97	43.00
89	16+391.554	16+417.595	59.00	31.78	27.22	86.92	75.00
102	17+517.278	17+551.135	40.00	13.18	26.82	50.60	50.00
108	17+997.522	18+015.532	47.00	12.74	34.26	63.49	63.00
120	19+120.992	19+153.091	100.00	24.55	75.45	400.14	210.00
126	19+776.992	19+840.526	40.00	18.19	21.81	49.56	48.00
127	19+916.620	19+921.404	40.00	25.93	14.07	47.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	40.00	29.59	10.41	46.86	40.00

Tabla 37: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

El valor promedio es de 26.04 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 14 sobre 20 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 70% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	66.00	18.25	47.75	115.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	78.00	25.22	52.78	168.83	148.00
15	0+694.069	0+714.069	40.00	28.11	11.89	45.47	45.00
22	1+019.277	1+049.548	40.00	19.07	20.93	50.55	43.00
30	1+313.866	1+339.620	63.00	15.31	47.69	105.71	89.00
34	1+471.970	1+513.424	77.00	15.31	61.69	160.31	102.00
38	1+677.789	1+684.228	40.00	15.31	24.69	48.23	41.00
40	1+758.456	1+768.385	40.00	16.82	23.18	47.90	44.00
44	1+865.536	1+891.316	40.00	16.82	23.18	47.90	41.00
48	2+048.022	2+061.012	40.00	29.67	10.33	44.85	41.00
49	2+078.572	2+110.924	40.00	17.13	22.87	47.82	45.00
55	2+541.717	2+586.405	58.00	28.37	29.63	84.30	45.00
63	3+023.393	3+043.695	57.00	31.04	25.96	79.41	62.00
66	3+155.505	3+177.133	40.00	28.37	11.63	45.32	42.00
68	3+226.544	3+291.706	53.00	31.78	21.22	68.35	50.00
70	3+330.302	3+350.127	40.00	19.77	20.23	47.15	47.00
82	3+907.941	3+921.882	63.00	19.07	43.93	105.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	53.00	19.07	33.93	75.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	40.00	28.39	11.61	45.04	41.00

Tabla 38: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

Para el tramo 2, los valores máximo y mínimo de diferencia de velocidad son 70.15 km/h y 8.34 km/h respectivamente. El valor promedio es de 22.72 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 12 sobre 19 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 63.16% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	66.00	18.25	47.75	116.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	78.00	25.22	52.78	169.83	148.00
15	0+694.069	0+714.069	40.00	28.11	11.89	46.47	45.00
22	1+019.277	1+049.548	40.00	19.07	20.93	51.55	43.00
30	1+313.866	1+339.620	63.00	15.31	47.69	106.71	89.00
34	1+471.970	1+513.424	77.00	15.31	61.69	161.31	102.00

38	1+677.789	1+684.228	40.00	15.31	24.69	49.23	41.00
40	1+758.456	1+768.385	40.00	16.82	23.18	48.90	44.00
44	1+865.536	1+891.316	40.00	16.82	23.18	48.90	41.00
48	2+048.022	2+061.012	40.00	29.67	10.33	45.85	41.00
49	2+078.572	2+110.924	40.00	17.13	22.87	48.82	45.00
55	2+541.717	2+586.405	58.00	28.37	29.63	85.30	45.00
63	3+023.393	3+043.695	57.00	31.04	25.96	80.41	62.00
66	3+155.505	3+177.133	40.00	28.37	11.63	46.32	42.00
68	3+226.544	3+291.706	53.00	31.78	21.22	69.35	50.00
70	3+330.302	3+350.127	40.00	19.77	20.23	48.15	47.00
82	3+907.941	3+921.882	63.00	19.07	43.93	106.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	53.00	19.07	33.93	76.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	40.00	28.39	11.61	46.04	41.00

Tabla 39: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

El valor promedio es de 22.72 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 12 sobre 19 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 63.16% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	66.00	18.25	47.75	117.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	78.00	25.22	52.78	170.83	148.00
15	0+694.069	0+714.069	40.00	28.11	11.89	47.47	45.00
22	1+019.277	1+049.548	40.00	19.07	20.93	52.55	43.00
30	1+313.866	1+339.620	63.00	15.31	47.69	107.71	89.00
34	1+471.970	1+513.424	77.00	15.31	61.69	162.31	102.00
38	1+677.789	1+684.228	40.00	15.31	24.69	50.23	41.00
40	1+758.456	1+768.385	40.00	16.82	23.18	49.90	44.00
44	1+865.536	1+891.316	40.00	16.82	23.18	49.90	41.00
48	2+048.022	2+061.012	40.00	29.67	10.33	46.85	41.00
49	2+078.572	2+110.924	40.00	17.13	22.87	49.82	45.00
55	2+541.717	2+586.405	58.00	28.37	29.63	86.30	45.00
63	3+023.393	3+043.695	57.00	31.04	25.96	81.41	62.00
66	3+155.505	3+177.133	40.00	28.37	11.63	47.32	42.00
68	3+226.544	3+291.706	53.00	31.78	21.22	70.35	50.00
70	3+330.302	3+350.127	40.00	19.77	20.23	49.15	47.00
75	3+468.229	3+494.798	40.00	19.77	20.23	50.27	50.00
82	3+907.941	3+921.882	63.00	19.07	43.93	107.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	53.00	19.07	33.93	77.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	40.00	28.39	11.61	47.04	41.00

Tabla 40: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

El valor promedio es de 22.72 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 12 sobre 20 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 60% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	77.00	22.34	54.66	168.69	123.00
3	9+842.253	9+889.982	72.00	18.25	53.75	152.74	81.00
4	9+903.593	9+916.604	47.00	23.55	23.45	84.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	32.00	24.71	7.29	50.66	50.00
8	10+073.865	10+098.712	48.00	17.06	30.94	86.97	65.00
9	10+131.635	10+184.466	88.00	22.51	65.49	205.09	86.00
13	10+539.404	10+543.865	37.00	25.34	11.66	61.05	42.00
16	10+697.212	10+715.437	83.00	12.74	70.26	188.96	119.00
17	10+738.724	10+806.699	100.00	12.74	87.26	234.56	86.00
21	11+034.683	11+077.265	48.00	27.86	20.14	85.78	63.00
22	11+105.112	11+127.492	57.00	31.65	25.35	107.32	102.00
31	12+079.358	12+088.791	95.00	30.98	64.02	227.04	41.00
32	12+107.649	12+139.162	41.00	30.98	10.02	67.32	50.00
35	12+445.590	12+478.001	74.00	27.64	46.36	158.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	83.00	13.64	69.36	186.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	52.00	18.21	33.79	97.06	90.00
53	14+003.800	14+012.726	44.00	12.74	31.26	77.25	62.00
54	14+027.129	14+028.727	83.00	15.14	67.86	186.77	80.00
57	14+139.981	14+177.396	49.00	23.99	25.01	89.45	66.00
59	14+286.221	14+299.989	42.00	12.74	29.26	72.05	65.00
74	15+343.718	15+346.575	44.00	25.05	18.95	77.09	70.00
82	15+993.881	16+011.649	33.00	16.92	16.08	53.94	50.00
87	16+255.705	16+271.917	38.00	29.84	8.16	60.93	43.00
89	16+391.554	16+417.595	62.00	31.78	30.22	121.08	74.00
94	16+822.740	16+843.650	35.00	12.74	22.26	57.43	57.00
102	17+517.278	17+551.135	34.00	13.18	20.82	55.08	50.00
104	17+730.238	17+736.402	44.00	12.74	31.26	78.49	70.00
108	17+997.522	18+015.532	51.00	12.74	38.26	93.98	63.00
109	18+052.222	18+087.912	33.00	22.59	10.41	53.42	50.00
112	18+285.135	18+292.022	57.00	22.11	34.89	110.27	99.00
116	18+661.626	18+689.675	57.00	17.75	39.25	109.86	105.00
120	19+120.992	19+153.091	100.00	24.55	75.45	217.99	210.00
122	19+323.564	19+356.636	47.00	18.18	28.82	84.76	70.00
125	19+720.355	19+728.220	51.00	16.70	34.30	94.22	70.00

126	19+776.992	19+840.526	37.00	18.19	18.81	62.24	47.00
127	19+916.620	19+921.404	44.00	25.93	18.07	76.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	40.00	29.59	10.41	65.81	40.00

Tabla 41: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 2m)

Utilizando la normativa AASHTO, los valores máximo y mínimo de diferencia de velocidad son 87.26 km/h y 3.16 km/h respectivamente. El valor promedio es de 26.81 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 21 sobre 37 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 56.76% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	77.00	22.34	54.66	169.69	123.00
3	9+842.253	9+889.982	72.00	18.25	53.75	153.74	81.00
4	9+903.593	9+916.604	47.00	23.55	23.45	85.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	32.00	24.71	7.29	51.66	50.00
8	10+073.865	10+098.712	48.00	17.06	30.94	87.97	65.00
9	10+131.635	10+184.466	88.00	22.51	65.49	206.09	86.00
13	10+539.404	10+543.865	37.00	25.34	11.66	62.05	42.00
16	10+697.212	10+715.437	83.00	12.74	70.26	189.96	119.00
17	10+738.724	10+806.699	100.00	12.74	87.26	235.56	86.00
21	11+034.683	11+077.265	48.00	27.86	20.14	86.78	63.00
22	11+105.112	11+127.492	57.00	31.65	25.35	108.32	102.00
31	12+079.358	12+088.791	95.00	30.98	64.02	228.04	41.00
32	12+107.649	12+139.162	41.00	30.98	10.02	68.32	50.00
35	12+445.590	12+478.001	74.00	27.64	46.36	159.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	83.00	13.64	69.36	187.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	52.00	18.21	33.79	98.06	90.00
53	14+003.800	14+012.726	44.00	12.74	31.26	78.25	62.00
54	14+027.129	14+028.727	83.00	15.14	67.86	187.77	80.00
57	14+139.981	14+177.396	49.00	23.99	25.01	90.45	66.00
59	14+286.221	14+299.989	42.00	12.74	29.26	73.05	65.00
74	15+343.718	15+346.575	44.00	25.05	18.95	78.09	70.00
82	15+993.881	16+011.649	33.00	16.92	16.08	54.94	50.00
87	16+255.705	16+271.917	38.00	29.84	8.16	61.93	43.00
89	16+391.554	16+417.595	62.00	31.78	30.22	122.08	74.00
94	16+822.740	16+843.650	35.00	12.74	22.26	58.43	57.00
102	17+517.278	17+551.135	34.00	13.18	20.82	56.08	50.00
104	17+730.238	17+736.402	44.00	12.74	31.26	79.49	70.00
108	17+997.522	18+015.532	51.00	12.74	38.26	94.98	63.00
109	18+052.222	18+087.912	33.00	22.59	10.41	54.42	50.00

112	18+285.135	18+292.022	57.00	22.11	34.89	111.27	99.00
116	18+661.626	18+689.675	57.00	17.75	39.25	110.86	105.00
120	19+120.992	19+153.091	100.00	24.55	75.45	218.99	210.00
122	19+323.564	19+356.636	47.00	18.18	28.82	85.76	70.00
125	19+720.355	19+728.220	51.00	16.70	34.30	95.22	70.00
126	19+776.992	19+840.526	37.00	18.19	18.81	63.24	47.00
127	19+916.620	19+921.404	44.00	25.93	18.07	77.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	40.00	29.59	10.41	66.81	40.00

Tabla 42: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 3m)

El valor promedio es de 26.81 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 21 sobre 37 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 56.76% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	77.00	22.34	54.66	170.69	123.00
3	9+842.253	9+889.982	72.00	18.25	53.75	154.74	81.00
4	9+903.593	9+916.604	47.00	23.55	23.45	86.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	32.00	24.71	7.29	52.66	50.00
8	10+073.865	10+098.712	48.00	17.06	30.94	88.97	65.00
9	10+131.635	10+184.466	88.00	22.51	65.49	207.09	86.00
13	10+539.404	10+543.865	37.00	25.34	11.66	63.05	42.00
16	10+697.212	10+715.437	83.00	12.74	70.26	190.96	119.00
17	10+738.724	10+806.699	100.00	12.74	87.26	236.56	86.00
21	11+034.683	11+077.265	48.00	27.86	20.14	87.78	63.00
22	11+105.112	11+127.492	57.00	31.65	25.35	109.32	102.00
31	12+079.358	12+088.791	95.00	30.98	64.02	229.04	41.00
32	12+107.649	12+139.162	41.00	30.98	10.02	69.32	50.00
35	12+445.590	12+478.001	74.00	27.64	46.36	160.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	83.00	13.64	69.36	188.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	52.00	18.21	33.79	99.06	90.00
53	14+003.800	14+012.726	44.00	12.74	31.26	79.25	62.00
54	14+027.129	14+028.727	83.00	15.14	67.86	188.77	80.00
57	14+139.981	14+177.396	49.00	23.99	25.01	91.45	66.00
59	14+286.221	14+299.989	42.00	12.74	29.26	74.05	65.00
74	15+343.718	15+346.575	44.00	25.05	18.95	79.09	70.00
80	15+763.594	15+768.377	51.00	22.00	29.00	96.73	96.00
82	15+993.881	16+011.649	33.00	16.92	16.08	55.94	50.00
87	16+255.705	16+271.917	38.00	29.84	8.16	62.93	43.00
89	16+391.554	16+417.595	62.00	31.78	30.22	123.08	74.00
94	16+822.740	16+843.650	35.00	12.74	22.26	59.43	57.00
102	17+517.278	17+551.135	34.00	13.18	20.82	57.08	50.00

104	17+730.238	17+736.402	44.00	12.74	31.26	80.49	70.00
108	17+997.522	18+015.532	51.00	12.74	38.26	95.98	63.00
109	18+052.222	18+087.912	33.00	22.59	10.41	55.42	50.00
112	18+285.135	18+292.022	57.00	22.11	34.89	112.27	99.00
116	18+661.626	18+689.675	57.00	17.75	39.25	111.86	105.00
120	19+120.992	19+153.091	100.00	24.55	75.45	219.99	210.00
122	19+323.564	19+356.636	47.00	18.18	28.82	86.76	70.00
125	19+720.355	19+728.220	51.00	16.70	34.30	96.22	70.00
126	19+776.992	19+840.526	37.00	18.19	18.81	64.24	47.00
127	19+916.620	19+921.404	44.00	25.93	18.07	78.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	40.00	29.59	10.41	67.81	40.00

Tabla 43: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 4m)

El valor promedio es de 26.81 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 22 sobre 38 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 57.89% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	69.00	18.25	50.75	143.72	89.00
4	0+140.156	0+152.545	83.00	25.22	57.78	187.82	147.00
11	0+579.763	0+589.567	64.00	22.40	41.60	129.56	101.00
12	0+601.505	0+617.389	57.00	16.89	40.11	109.63	89.00
14	0+683.202	0+694.069	45.00	31.66	13.34	76.45	50.00
15	0+694.069	0+714.069	33.00	28.11	4.89	50.95	44.00
18	0+802.796	0+821.186	56.00	31.66	24.34	104.62	101.00
21	1+002.876	1+019.277	43.00	31.66	11.34	71.62	70.00
22	1+019.277	1+049.548	29.00	19.07	9.93	45.10	43.00
30	1+313.866	1+339.620	67.00	15.31	51.69	136.82	88.00
34	1+471.970	1+513.424	82.00	15.31	66.69	183.52	101.00
38	1+677.789	1+684.228	42.00	15.31	26.69	72.59	41.00
43	1+851.579	1+855.535	36.00	16.82	19.18	60.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	27.00	16.82	10.18	42.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	38.00	29.67	8.33	61.20	41.00
49	2+078.572	2+110.924	32.00	17.13	14.87	51.97	44.00
55	2+541.717	2+586.405	61.00	28.37	32.63	119.84	45.00
56	2+606.405	2+637.237	33.00	28.37	4.63	50.99	50.00
63	3+023.393	3+043.695	60.00	31.04	28.96	115.87	70.00
66	3+155.505	3+177.133	37.00	28.37	8.63	59.42	42.00
68	3+226.544	3+291.706	57.00	31.78	25.22	107.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	56.00	15.83	40.17	106.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	36.00	18.74	17.26	60.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	38.00	25.02	12.98	63.37	62.00

82	3+907.941	3+921.882	67.00	19.07	47.93	137.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	57.00	19.07	37.93	110.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	36.00	28.39	7.61	57.47	41.00

Tabla 44: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 2m)

Para el tramo 2, los valores máximo y mínimo de diferencia de velocidad son 75.15 km/h y 0.33 km/h respectivamente. El valor promedio es de 20.53 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 14 sobre 27 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 51.85% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	69.00	18.25	50.75	144.72	89.00
4	0+140.156	0+152.545	83.00	25.22	57.78	188.82	147.00
11	0+579.763	0+589.567	64.00	22.40	41.60	130.56	101.00
12	0+601.505	0+617.389	57.00	16.89	40.11	110.63	89.00
14	0+683.202	0+694.069	45.00	31.66	13.34	77.45	50.00
15	0+694.069	0+714.069	33.00	28.11	4.89	51.95	44.00
18	0+802.796	0+821.186	56.00	31.66	24.34	105.62	101.00
21	1+002.876	1+019.277	43.00	31.66	11.34	72.62	70.00
22	1+019.277	1+049.548	29.00	19.07	9.93	46.10	43.00
30	1+313.866	1+339.620	67.00	15.31	51.69	137.82	88.00
34	1+471.970	1+513.424	82.00	15.31	66.69	184.52	101.00
38	1+677.789	1+684.228	42.00	15.31	26.69	73.59	41.00
43	1+851.579	1+855.535	36.00	16.82	19.18	61.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	27.00	16.82	10.18	43.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	38.00	29.67	8.33	62.20	41.00
49	2+078.572	2+110.924	32.00	17.13	14.87	52.97	44.00
55	2+541.717	2+586.405	61.00	28.37	32.63	120.84	45.00
56	2+606.405	2+637.237	33.00	28.37	4.63	51.99	50.00
63	3+023.393	3+043.695	60.00	31.04	28.96	116.87	70.00
66	3+155.505	3+177.133	37.00	28.37	8.63	60.42	42.00
68	3+226.544	3+291.706	57.00	31.78	25.22	108.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	56.00	15.83	40.17	107.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	36.00	18.74	17.26	61.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	38.00	25.02	12.98	64.37	62.00
82	3+907.941	3+921.882	67.00	19.07	47.93	138.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	57.00	19.07	37.93	111.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	36.00	28.39	7.61	58.47	41.00

Tabla 45: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 3m)

El valor promedio es de 20.53 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 14 sobre 27 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 51.85% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	69.00	18.25	50.75	145.72	89.00
4	0+140.156	0+152.545	83.00	25.22	57.78	189.82	147.00
11	0+579.763	0+589.567	64.00	22.40	41.60	131.56	101.00
12	0+601.505	0+617.389	57.00	16.89	40.11	111.63	89.00
14	0+683.202	0+694.069	45.00	31.66	13.34	78.45	50.00
15	0+694.069	0+714.069	33.00	28.11	4.89	52.95	44.00
18	0+802.796	0+821.186	56.00	31.66	24.34	106.62	101.00
21	1+002.876	1+019.277	43.00	31.66	11.34	73.62	70.00
22	1+019.277	1+049.548	29.00	19.07	9.93	47.10	43.00
30	1+313.866	1+339.620	67.00	15.31	51.69	138.82	88.00
34	1+471.970	1+513.424	82.00	15.31	66.69	185.52	101.00
38	1+677.789	1+684.228	42.00	15.31	26.69	74.59	41.00
40	1+758.456	1+768.385	27.00	16.82	10.18	44.48	44.00
43	1+851.579	1+855.535	36.00	16.82	19.18	62.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	27.00	16.82	10.18	44.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	38.00	29.67	8.33	63.20	41.00
49	2+078.572	2+110.924	32.00	17.13	14.87	53.97	44.00
55	2+541.717	2+586.405	61.00	28.37	32.63	121.84	45.00
56	2+606.405	2+637.237	33.00	28.37	4.63	52.99	50.00
63	3+023.393	3+043.695	60.00	31.04	28.96	117.87	70.00
66	3+155.505	3+177.133	37.00	28.37	8.63	61.42	42.00
68	3+226.544	3+291.706	57.00	31.78	25.22	109.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	56.00	15.83	40.17	108.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	36.00	18.74	17.26	62.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	38.00	25.02	12.98	65.37	62.00
82	3+907.941	3+921.882	67.00	19.07	47.93	139.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	57.00	19.07	37.93	112.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	36.00	28.39	7.61	59.47	41.00

Tabla 46: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 4m)

El valor promedio es de 20.53 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 14 sobre 28 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 50% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

6.3.3. Análisis de las distancias de alcance según el tipo de curva

Con el fin de comprobar si las curvas a derecha en el sentido ascendente (Sur-Norte) poseen mayor riesgo de alcance, es decir, si el porcentaje de curvas a derecha donde se producen alcances es mayor que el porcentaje de curvas a izquierda, es necesario repetir el análisis visto en el acápite anterior, incluyendo ambos tipos de curvas (a izquierda se representan con signo negativo y a derecha con signo positivo). Además, es posible determinar cómo la magnitud de los radios puede o no afectar los resultados de las distancias de visibilidad de alcance.

Para el tramo 1, se tiene un total de 128 curvas, de las cuales 64 curvas son a derecha y los 64 restantes son a izquierda, en el sentido Sur-Norte. Respecto al tramo 2, éste posee 84 curvas: 44 son curvas a derecha, y las 40 restantes son curvas a izquierda, en el sentido Sur-Norte.

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	-211.70	143.63	124.00
3	9+842.253	9+889.982	-180.00	123.26	82.00
9	10+131.635	10+184.466	285.00	189.55	90.00
13	10+539.404	10+543.865	33.00	45.68	42.00
16	10+697.212	10+715.437	250.00	157.34	119.00
17	10+738.724	10+806.699	-1157.37	324.45	86.00
31	12+079.358	12+088.791	350.00	248.08	42.00
34	12+255.783	12+363.371	-1330.04	465.41	250.00
39	12+812.671	12+940.040	541.10	337.35	270.00
40	13+192.098	13+198.449	-250.00	163.31	110.00
82	15+993.881	16+011.649	25.00	47.87	41.00
87	16+255.705	16+271.917	-34.90	44.97	43.00
89	16+391.554	16+417.595	125.00	84.92	75.00
120	19+120.992	19+153.091	1670.46	398.14	210.00
127	19+916.620	19+921.404	50.00	45.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	-41.52	44.86	40.00

Tabla 47: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 16 curvas que no cumplen con la verificación, 7 curvas son a izquierda, lo que representa un 43.75%. El resto, 9 curvas a derecha, representa un 56.25%. A modo global, se tiene que 7 curvas de 64 no cumplen la verificación, un 10.94% de las curvas a izquierda, y 9 curvas de 64 a derecha, lo que supone un 14.06%.

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	-211.70	144.63	124.00
3	9+842.253	9+889.982	-180.00	124.26	82.00
9	10+131.635	10+184.466	285.00	190.55	90.00
13	10+539.404	10+543.865	33.00	46.68	42.00
16	10+697.212	10+715.437	250.00	158.34	119.00
17	10+738.724	10+806.699	-1157.37	325.45	86.00
31	12+079.358	12+088.791	350.00	249.08	42.00
34	12+255.783	12+363.371	-1330.04	466.41	250.00
39	12+812.671	12+940.040	541.10	338.35	270.00
40	13+192.098	13+198.449	-250.00	164.31	110.00
82	15+993.881	16+011.649	25.00	48.87	41.00
87	16+255.705	16+271.917	-34.90	45.97	43.00
89	16+391.554	16+417.595	125.00	85.92	75.00
120	19+120.992	19+153.091	1670.46	399.14	210.00
126	19+776.992	19+840.526	32.80	48.56	48.00
127	19+916.620	19+921.404	50.00	46.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	-41.52	45.86	40.00

Tabla 48: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 17 curvas que no cumplen con la verificación, 7 curvas son a izquierda, lo que representa un 41.18%. El resto, 10 curvas a derecha, representa un 58.82%. A modo global, se tiene que 7 curvas de 64 no cumplen la verificación, un 10.94% de las curvas a izquierda, y 10 curvas de 64 a derecha, lo que supone un 15.63%.

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	-211.70	145.63	124.00
3	9+842.253	9+889.982	-180.00	125.26	82.00
9	10+131.635	10+184.466	285.00	191.55	90.00
13	10+539.404	10+543.865	33.00	47.68	42.00
16	10+697.212	10+715.437	250.00	159.34	119.00
17	10+738.724	10+806.699	-1157.37	326.45	86.00
31	12+079.358	12+088.791	350.00	250.08	42.00
34	12+255.783	12+363.371	-1330.04	467.41	250.00
35	12+445.590	12+478.001	-190.00	130.93	130.00

39	12+812.671	12+940.040	541.10	339.35	270.00
40	13+192.098	13+198.449	-250.00	165.31	110.00
82	15+993.881	16+011.649	25.00	49.87	41.00
87	16+255.705	16+271.917	-34.90	46.97	43.00
89	16+391.554	16+417.595	125.00	86.92	75.00
102	17+517.278	17+551.135	26.00	50.60	50.00
108	17+997.522	18+015.532	-75.00	63.49	63.00
120	19+120.992	19+153.091	1670.46	400.14	210.00
126	19+776.992	19+840.526	32.80	49.56	48.00
127	19+916.620	19+921.404	50.00	47.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	-41.52	46.86	40.00

Tabla 49: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 20 curvas que no cumplen con la verificación, 8 curvas son a izquierda, lo que representa un 40%. El resto, 12 curvas a derecha, representa un 60%. A modo global, se tiene que 8 curvas de 64 no cumplen la verificación, un 12.5% de las curvas a izquierda, y 12 curvas de 64 a derecha, lo que supone un 18.75%.

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	163.29	115.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	250.00	168.83	148.00
15	0+694.069	0+714.069	25.00	45.47	45.00
22	1+019.277	1+049.548	18.00	50.55	43.00
30	1+313.866	1+339.620	-150.00	105.71	89.00
34	1+471.970	1+513.424	-245.68	160.31	102.00
38	1+677.789	1+684.228	45.00	48.23	41.00
40	1+758.456	1+768.385	-15.00	47.90	44.00
44	1+865.536	1+891.316	-15.00	47.90	41.00
48	2+048.022	2+061.012	35.00	44.85	41.00
49	2+078.572	2+110.924	22.00	47.82	45.00
55	2+541.717	2+586.405	-120.00	84.30	45.00
63	3+023.393	3+043.695	115.00	79.41	62.00
66	3+155.505	3+177.133	-32.00	45.32	42.00
68	3+226.544	3+291.706	99.47	68.35	50.00
70	3+330.302	3+350.127	-12.00	47.15	47.00
82	3+907.941	3+921.882	150.00	105.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	-100.00	75.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	29.45	45.04	41.00

Tabla 50: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 19 curvas que no cumplen con la verificación, 8 curvas son a izquierda, lo que representa un 42.11%. El resto, 11 curvas a derecha, representa un 57.89%. A modo global, se tiene que 8 curvas de 40 no cumplen la verificación, un 20% de las curvas a izquierda, y 11 curvas de 44 a derecha, lo que supone un 25%.

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	163.29	116.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	250.00	169.83	148.00
15	0+694.069	0+714.069	25.00	46.47	45.00
22	1+019.277	1+049.548	18.00	51.55	43.00
30	1+313.866	1+339.620	-150.00	106.71	89.00
34	1+471.970	1+513.424	-245.68	161.31	102.00
38	1+677.789	1+684.228	45.00	49.23	41.00
40	1+758.456	1+768.385	-15.00	48.90	44.00
44	1+865.536	1+891.316	-15.00	48.90	41.00
48	2+048.022	2+061.012	35.00	45.85	41.00
49	2+078.572	2+110.924	22.00	48.82	45.00
55	2+541.717	2+586.405	-120.00	85.30	45.00
63	3+023.393	3+043.695	115.00	80.41	62.00
66	3+155.505	3+177.133	-32.00	46.32	42.00
68	3+226.544	3+291.706	99.47	69.35	50.00
70	3+330.302	3+350.127	-12.00	48.15	47.00
82	3+907.941	3+921.882	150.00	106.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	-100.00	76.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	29.45	46.04	41.00

Tabla 51: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 19 curvas que no cumplen con la verificación, 8 curvas son a izquierda, lo que representa un 42.11%. El resto, 11 curvas a derecha, representa un 57.89%. A modo global, se tiene que 8 curvas de 40 no cumplen la verificación, un 20% de las curvas a izquierda, y 11 curvas de 44 a derecha, lo que supone un 25%.

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	163.29	117.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	250.00	170.83	148.00
15	0+694.069	0+714.069	25.00	47.47	45.00

22	1+019.277	1+049.548	18.00	52.55	43.00
30	1+313.866	1+339.620	-150.00	107.71	89.00
34	1+471.970	1+513.424	-245.68	162.31	102.00
38	1+677.789	1+684.228	45.00	50.23	41.00
40	1+758.456	1+768.385	-15.00	49.90	44.00
44	1+865.536	1+891.316	-15.00	49.90	41.00
48	2+048.022	2+061.012	35.00	46.85	41.00
49	2+078.572	2+110.924	22.00	49.82	45.00
55	2+541.717	2+586.405	-120.00	86.30	45.00
63	3+023.393	3+043.695	115.00	81.41	62.00
66	3+155.505	3+177.133	-32.00	47.32	42.00
68	3+226.544	3+291.706	99.47	70.35	50.00
70	3+330.302	3+350.127	-12.00	49.15	47.00
75	3+468.229	3+494.798	-13.00	50.27	50.00
82	3+907.941	3+921.882	150.00	107.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	-100.00	77.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	29.45	47.04	41.00

Tabla 52: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 20 curvas que no cumplen con la verificación, 9 curvas son a izquierda, lo que representa un 45%. El resto, 11 curvas a derecha, representa un 55%. A modo global, se tiene que 9 curvas de 40 no cumplen la verificación, un 22.5% de las curvas a izquierda, y 11 curvas de 44 a derecha, lo que supone un 25%.

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	-211.70	168.69	123.00
3	9+842.253	9+889.982	-180.00	152.74	81.00
4	9+903.593	9+916.604	-60.00	84.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	22.00	50.66	50.00
8	10+073.865	10+098.712	65.00	86.97	65.00
9	10+131.635	10+184.466	285.00	205.09	86.00
13	10+539.404	10+543.865	33.00	61.05	42.00
16	10+697.212	10+715.437	250.00	188.96	119.00
17	10+738.724	10+806.699	-1157.37	234.56	86.00
21	11+034.683	11+077.265	65.00	85.78	63.00
22	11+105.112	11+127.492	-100.00	107.32	102.00
31	12+079.358	12+088.791	350.00	227.04	41.00
32	12+107.649	12+139.162	42.00	67.32	50.00
35	12+445.590	12+478.001	-190.00	158.35	130.00

40	13+192.098	13+198.449	-250.00	186.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	-80.00	97.06	90.00
53	14+003.800	14+012.726	50.00	77.25	62.00
54	14+027.129	14+028.727	250.20	186.77	80.00
57	14+139.981	14+177.396	-67.00	89.45	66.00
59	14+286.221	14+299.989	-46.27	72.05	65.00
74	15+343.718	15+346.575	50.00	77.09	70.00
82	15+993.881	16+011.649	25.00	53.94	50.00
87	16+255.705	16+271.917	-34.90	60.93	43.00
89	16+391.554	16+417.595	125.00	121.08	74.00
94	16+822.740	16+843.650	28.00	57.43	57.00
102	17+517.278	17+551.135	26.00	55.08	50.00
104	17+730.238	17+736.402	-50.00	78.49	70.00
108	17+997.522	18+015.532	-75.00	93.98	63.00
109	18+052.222	18+087.912	24.00	53.42	50.00
112	18+285.135	18+292.022	100.00	110.27	99.00
116	18+661.626	18+689.675	-100.00	109.86	105.00
120	19+120.992	19+153.091	1670.46	217.99	210.00
122	19+323.564	19+356.636	60.00	84.76	70.00
125	19+720.355	19+728.220	-75.00	94.22	70.00
126	19+776.992	19+840.526	32.80	62.24	47.00
127	19+916.620	19+921.404	50.00	76.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	-41.52	65.81	40.00

Tabla 53: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 2m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 37 curvas que no cumplen con la verificación, 16 curvas son a izquierda, lo que representa un 43.24%. El resto, 21 curvas a derecha, representa un 56.76%. A modo global, se tiene que 16 curvas de 64 no cumplen la verificación, un 25% de las curvas a izquierda, y 21 curvas de 64 a derecha, lo que supone un 32.83%.

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	-211.70	169.69	123.00
3	9+842.253	9+889.982	-180.00	153.74	81.00
4	9+903.593	9+916.604	-60.00	85.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	22.00	51.66	50.00
8	10+073.865	10+098.712	65.00	87.97	65.00
9	10+131.635	10+184.466	285.00	206.09	86.00
13	10+539.404	10+543.865	33.00	62.05	42.00
16	10+697.212	10+715.437	250.00	189.96	119.00

17	10+738.724	10+806.699	-1157.37	235.56	86.00
21	11+034.683	11+077.265	65.00	86.78	63.00
22	11+105.112	11+127.492	-100.00	108.32	102.00
31	12+079.358	12+088.791	350.00	228.04	41.00
32	12+107.649	12+139.162	42.00	68.32	50.00
35	12+445.590	12+478.001	-190.00	159.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	-250.00	187.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	-80.00	98.06	90.00
53	14+003.800	14+012.726	50.00	78.25	62.00
54	14+027.129	14+028.727	250.20	187.77	80.00
57	14+139.981	14+177.396	-67.00	90.45	66.00
59	14+286.221	14+299.989	-46.27	73.05	65.00
74	15+343.718	15+346.575	50.00	78.09	70.00
82	15+993.881	16+011.649	25.00	54.94	50.00
87	16+255.705	16+271.917	-34.90	61.93	43.00
89	16+391.554	16+417.595	125.00	122.08	74.00
94	16+822.740	16+843.650	28.00	58.43	57.00
102	17+517.278	17+551.135	26.00	56.08	50.00
104	17+730.238	17+736.402	-50.00	79.49	70.00
108	17+997.522	18+015.532	-75.00	94.98	63.00
109	18+052.222	18+087.912	24.00	54.42	50.00
112	18+285.135	18+292.022	100.00	111.27	99.00
116	18+661.626	18+689.675	-100.00	110.86	105.00
120	19+120.992	19+153.091	1670.46	218.99	210.00
122	19+323.564	19+356.636	60.00	85.76	70.00
125	19+720.355	19+728.220	-75.00	95.22	70.00
126	19+776.992	19+840.526	32.80	63.24	47.00
127	19+916.620	19+921.404	50.00	77.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	-41.52	66.81	40.00

Tabla 54: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 3m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 37 curvas que no cumplen con la verificación, 16 curvas son a izquierda, lo que representa un 43.24%. El resto, 21 curvas a derecha, representa un 56.76%. A modo global, se tiene que 16 curvas de 64 no cumplen la verificación, un 25% de las curvas a izquierda, y 21 curvas de 64 a derecha, lo que supone un 32.83%.

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	-211.70	170.69	123.00
3	9+842.253	9+889.982	-180.00	154.74	81.00

4	9+903.593	9+916.604	-60.00	86.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	22.00	52.66	50.00
8	10+073.865	10+098.712	65.00	88.97	65.00
9	10+131.635	10+184.466	285.00	207.09	86.00
13	10+539.404	10+543.865	33.00	63.05	42.00
16	10+697.212	10+715.437	250.00	190.96	119.00
17	10+738.724	10+806.699	-1157.37	236.56	86.00
21	11+034.683	11+077.265	65.00	87.78	63.00
22	11+105.112	11+127.492	-100.00	109.32	102.00
31	12+079.358	12+088.791	350.00	229.04	41.00
32	12+107.649	12+139.162	42.00	69.32	50.00
35	12+445.590	12+478.001	-190.00	160.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	-250.00	188.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	-80.00	99.06	90.00
53	14+003.800	14+012.726	50.00	79.25	62.00
54	14+027.129	14+028.727	250.20	188.77	80.00
57	14+139.981	14+177.396	-67.00	91.45	66.00
59	14+286.221	14+299.989	-46.27	74.05	65.00
74	15+343.718	15+346.575	50.00	79.09	70.00
80	15+763.594	15+768.377	-75.00	96.73	96.00
82	15+993.881	16+011.649	25.00	55.94	50.00
87	16+255.705	16+271.917	-34.90	62.93	43.00
89	16+391.554	16+417.595	125.00	123.08	74.00
94	16+822.740	16+843.650	28.00	59.43	57.00
102	17+517.278	17+551.135	26.00	57.08	50.00
104	17+730.238	17+736.402	-50.00	80.49	70.00
108	17+997.522	18+015.532	-75.00	95.98	63.00
109	18+052.222	18+087.912	24.00	55.42	50.00
112	18+285.135	18+292.022	100.00	112.27	99.00
116	18+661.626	18+689.675	-100.00	111.86	105.00
120	19+120.992	19+153.091	1670.46	219.99	210.00
122	19+323.564	19+356.636	60.00	86.76	70.00
125	19+720.355	19+728.220	-75.00	96.22	70.00
126	19+776.992	19+840.526	32.80	64.24	47.00
127	19+916.620	19+921.404	50.00	78.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	-41.52	67.81	40.00

Tabla 55: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 - AASHTO – distancia de seguridad: 4m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 38 curvas que no cumplen con la verificación, 17 curvas son a izquierda, lo que representa un 44.74%. El resto, 21 curvas a derecha, representa un 55.26%. A modo global, se tiene que 17 curvas de 64 no cumplen la verificación, un 26.56% de las curvas a izquierda, y 21 curvas de 64 a derecha, lo que supone un 32.83%.

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	163.29	143.72	89.00
4	0+140.156	0+152.545	250.00	187.82	147.00
11	0+579.763	0+589.567	134.02	129.56	101.00
12	0+601.505	0+617.389	-100.00	109.63	89.00
14	0+683.202	0+694.069	55.00	76.45	50.00
15	0+694.069	0+714.069	25.00	50.95	44.00
18	0+802.796	0+821.186	95.00	104.62	101.00
21	1+002.876	1+019.277	-48.00	71.62	70.00
22	1+019.277	1+049.548	18.00	45.10	43.00
30	1+313.866	1+339.620	-150.00	136.82	88.00
34	1+471.970	1+513.424	-245.68	183.52	101.00
38	1+677.789	1+684.228	45.00	72.59	41.00
43	1+851.579	1+855.535	30.00	60.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	-15.00	42.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	35.00	61.20	41.00
49	2+078.572	2+110.924	22.00	51.97	44.00
55	2+541.717	2+586.405	-120.00	119.84	45.00
56	2+606.405	2+637.237	24.00	50.99	50.00
63	3+023.393	3+043.695	115.00	115.87	70.00
66	3+155.505	3+177.133	-32.00	59.42	42.00
68	3+226.544	3+291.706	99.47	107.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	96.66	106.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	-30.20	60.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	35.00	63.37	62.00
82	3+907.941	3+921.882	150.00	137.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	-100.00	110.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	29.45	57.47	41.00

Tabla 56: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 2m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 27 curvas que no cumplen con la verificación, 9 curvas son a izquierda, lo que representa un 33.33%. El resto, 18 curvas a derecha, representa un 66.67%. A modo global, se tiene que 9 curvas de 40 no cumplen la verificación, un 22.5% de las curvas a izquierda, y 18 curvas de 44 a derecha, lo que supone un 40.91%.

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	163.29	144.72	89.00
4	0+140.156	0+152.545	250.00	188.82	147.00
11	0+579.763	0+589.567	134.02	130.56	101.00
12	0+601.505	0+617.389	-100.00	110.63	89.00
14	0+683.202	0+694.069	55.00	77.45	50.00
15	0+694.069	0+714.069	25.00	51.95	44.00
18	0+802.796	0+821.186	95.00	105.62	101.00
21	1+002.876	1+019.277	-48.00	72.62	70.00
22	1+019.277	1+049.548	18.00	46.10	43.00
30	1+313.866	1+339.620	-150.00	137.82	88.00
34	1+471.970	1+513.424	-245.68	184.52	101.00
38	1+677.789	1+684.228	45.00	73.59	41.00
43	1+851.579	1+855.535	30.00	61.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	-15.00	43.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	35.00	62.20	41.00
49	2+078.572	2+110.924	22.00	52.97	44.00
55	2+541.717	2+586.405	-120.00	120.84	45.00
56	2+606.405	2+637.237	24.00	51.99	50.00
63	3+023.393	3+043.695	115.00	116.87	70.00
66	3+155.505	3+177.133	-32.00	60.42	42.00
68	3+226.544	3+291.706	99.47	108.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	96.66	107.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	-30.20	61.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	35.00	64.37	62.00
82	3+907.941	3+921.882	150.00	138.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	-100.00	111.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	29.45	58.47	41.00

Tabla 57: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 3m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 27 curvas que no cumplen con la verificación, 9 curvas son a izquierda, lo que representa un 33.33%. El resto, 18 curvas a derecha, representa un 66.67%. A modo global, se tiene que 9 curvas de 40 no cumplen la verificación, un 22.5% de las curvas a izquierda, y 18 curvas de 44 a derecha, lo que supone un 40.91%.

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	163.29	145.72	89.00
4	0+140.156	0+152.545	250.00	189.82	147.00
11	0+579.763	0+589.567	134.02	131.56	101.00
12	0+601.505	0+617.389	-100.00	111.63	89.00
14	0+683.202	0+694.069	55.00	78.45	50.00
15	0+694.069	0+714.069	25.00	52.95	44.00
18	0+802.796	0+821.186	95.00	106.62	101.00
21	1+002.876	1+019.277	-48.00	73.62	70.00
22	1+019.277	1+049.548	18.00	47.10	43.00
30	1+313.866	1+339.620	-150.00	138.82	88.00
34	1+471.970	1+513.424	-245.68	185.52	101.00
38	1+677.789	1+684.228	45.00	74.59	41.00
40	1+758.456	1+768.385	-15.00	44.48	44.00
43	1+851.579	1+855.535	30.00	62.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	-15.00	44.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	35.00	63.20	41.00
49	2+078.572	2+110.924	22.00	53.97	44.00
55	2+541.717	2+586.405	-120.00	121.84	45.00
56	2+606.405	2+637.237	24.00	52.99	50.00
63	3+023.393	3+043.695	115.00	117.87	70.00
66	3+155.505	3+177.133	-32.00	61.42	42.00
68	3+226.544	3+291.706	99.47	109.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	96.66	108.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	-30.20	62.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	35.00	65.37	62.00
82	3+907.941	3+921.882	150.00	139.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	-100.00	112.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	29.45	59.47	41.00

Tabla 58: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 - AASHTO – distancia de seguridad: 4m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 28 curvas que no cumplen con la verificación, 10 curvas son a izquierda, lo que representa un 35.71%. El resto, 18 curvas a derecha, representa un 64.29%. A modo global, se tiene que 10 curvas de 40 no cumplen la verificación, un 25% de las curvas a izquierda, y 18 curvas de 44 a derecha, lo que supone un 40.91%.

6.4. Caso B: el ciclista se encuentra en el centro del carril

El segundo caso, llamado caso B, se caracteriza por situar la posición del ciclista en el centro del carril de circulación de los tramos de carretera analizados. Esta variación, arroja datos diferentes en relación a la visibilidad de parada disponible y, por ende, proporciona resultados distintos al caso anterior.

Al igual que el caso escenario A, en este caso se analizan ambos tramos de carretera verificando el cumplimiento de $DV > DVA$, utilizando siempre como punto de partida y a modo orientativo la norma española, y luego la norma AASHTO, siendo esta última la que proporciona los resultados definitivos de esta investigación.



Ilustración 67: ciclistas circulando en el centro del carril

6.4.1. Comparación mediante la determinación de ubicaciones en las que no se verifica la distancia de parada alcance

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 2 metros

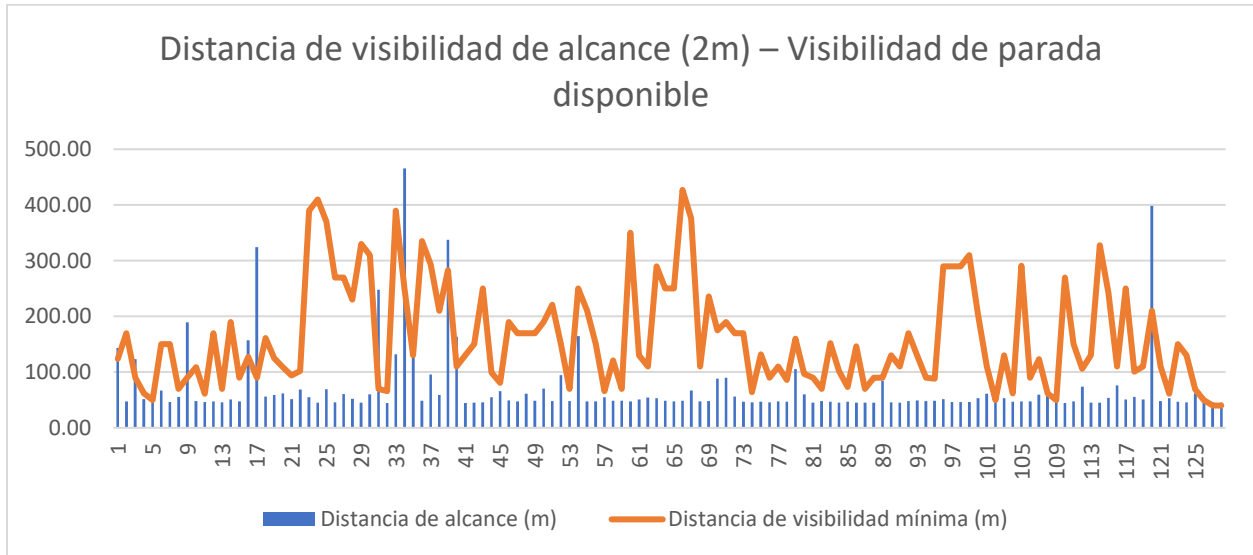


Ilustración 68: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

En el tramo 1, utilizando la norma española, y con una distancia de seguridad de 2 metros, se tiene que un total de 12 curvas no cumplen con la verificación $DV > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 9.38% del total de las 128 curvas analizadas. A continuación, se presenta una tabla detallada con estas curvas:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	143.63	124.00
3	9+842.253	9+889.982	123.26	90.00
9	10+131.635	10+184.466	189.55	90.00
16	10+697.212	10+715.437	157.34	127.00
17	10+738.724	10+806.699	324.45	90.00
31	12+079.358	12+088.791	248.08	70.00
34	12+255.783	12+363.371	465.41	250.00
39	12+812.671	12+940.040	337.35	283.00
40	13+192.098	13+198.449	163.31	110.00
120	19+120.992	19+153.091	398.14	210.00
127	19+916.620	19+921.404	45.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	44.86	40.00

Tabla 59: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 3 metros

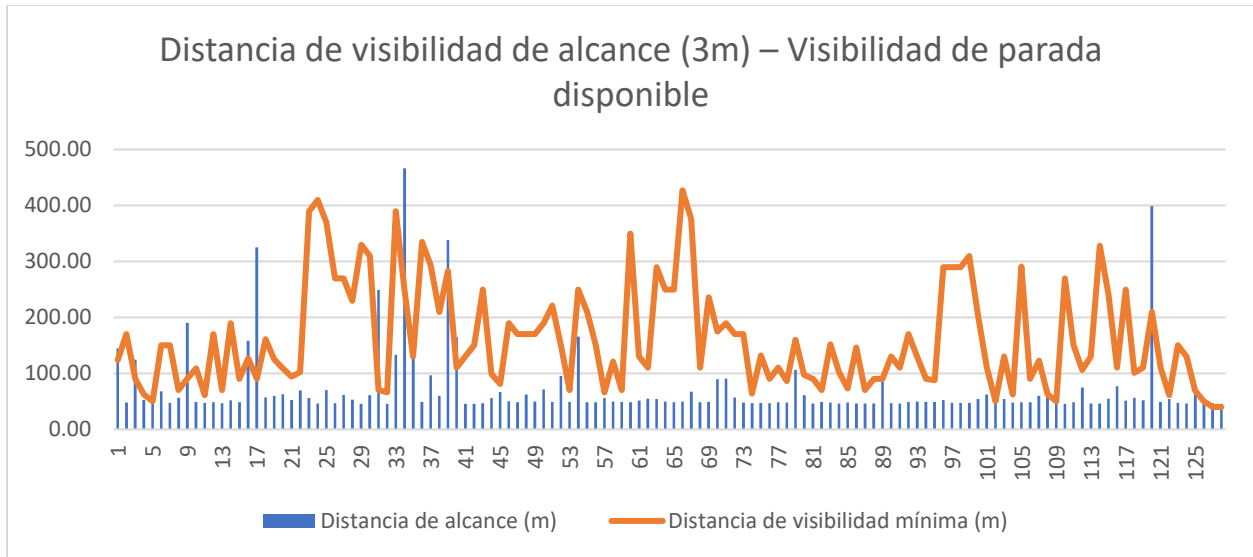


Ilustración 69: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

En el tramo 1, utilizando la norma española, y con una distancia de seguridad de 3 metros, se tiene que un total de 13 curvas no cumplen con la verificación $DV > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 32.14% del total de las 128 curvas analizadas.

Como se puede apreciar, el aumento de 1 metro para la distancia de seguridad produce el aumento de 12 a 13 curvas que no cumplen con la verificación, específicamente es la curva #108, en donde la diferencia por la cual no se cumple es de 0.49 metros. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	144.63	124.00
3	9+842.253	9+889.982	124.26	90.00
9	10+131.635	10+184.466	190.55	90.00
16	10+697.212	10+715.437	158.34	127.00
17	10+738.724	10+806.699	325.45	90.00
31	12+079.358	12+088.791	249.08	70.00
34	12+255.783	12+363.371	466.41	250.00
39	12+812.671	12+940.040	338.35	283.00
40	13+192.098	13+198.449	164.31	110.00
108	17+997.522	18+015.532	62.49	62.00
120	19+120.992	19+153.091	399.14	210.00
127	19+916.620	19+921.404	46.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	45.86	40.00

Tabla 60: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 4 metros

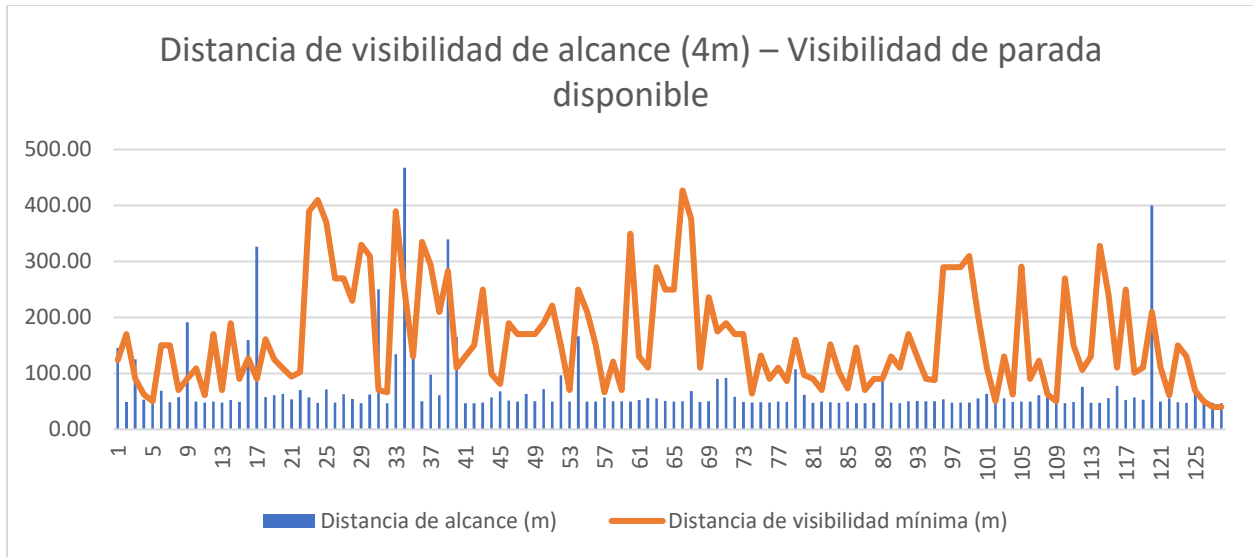


Ilustración 70: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

En el tramo 1, utilizando la norma española, y con una distancia de seguridad de 4 metros, se tiene que un total de 15 curvas no cumplen con la verificación $DV > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 32.14% del total de las 128 curvas analizadas.

Como se puede apreciar, el aumento de 1 metro en relación con el análisis anterior para la distancia de seguridad produce el aumento de 13 a 15 curvas que no cumplen con la verificación, específicamente las curva #35 y #102, con unos déficits de 0.97 metros y 0.60 metros respectivamente. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	145.63	124.00
3	9+842.253	9+889.982	125.26	90.00
9	10+131.635	10+184.466	191.55	90.00
16	10+697.212	10+715.437	159.34	127.00
17	10+738.724	10+806.699	326.45	90.00
31	12+079.358	12+088.791	250.08	70.00
34	12+255.783	12+363.371	467.41	250.00
35	12+445.590	12+478.001	130.93	130.00
39	12+812.671	12+940.040	339.35	283.00
40	13+192.098	13+198.449	165.31	110.00
102	17+517.278	17+551.135	50.60	50.00
108	17+997.522	18+015.532	63.49	62.00

120	19+120.992	19+153.091	400.14	210.00
127	19+916.620	19+921.404	47.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	46.86	40.00

Tabla 61: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 2 metros

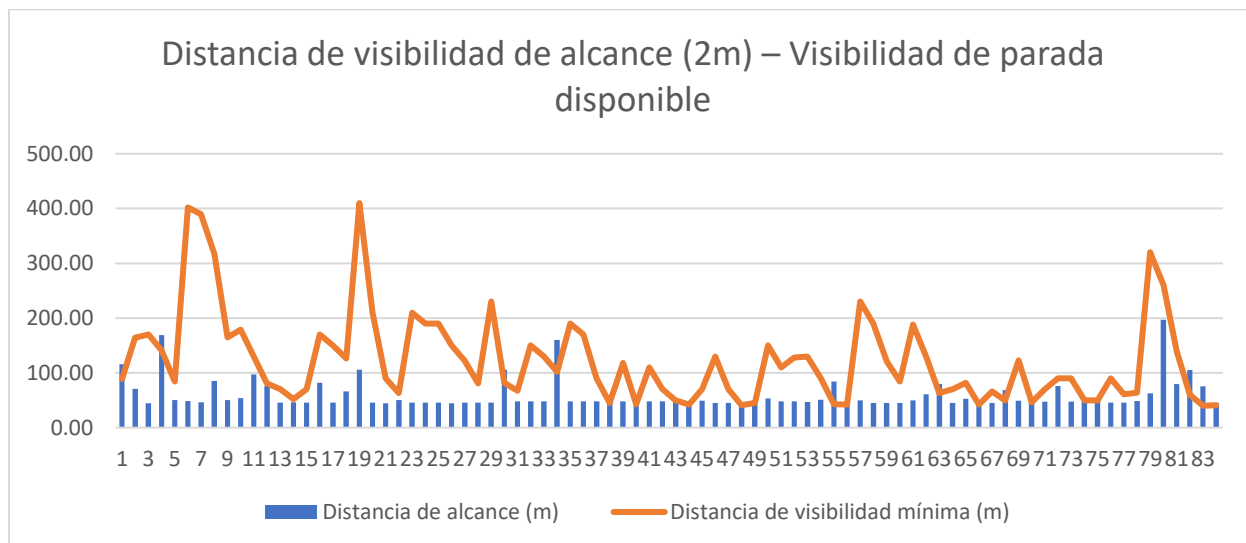


Ilustración 71: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

En el tramo 2, utilizando la norma española, y con una distancia de seguridad de 2 metros, se tiene que un total de 18 curvas no cumplen con la verificación $DV > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 21.43% del total de las 84 curvas analizadas. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	115.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	168.83	141.00
30	1+313.866	1+339.620	105.71	82.00
34	1+471.970	1+513.424	160.31	102.00
38	1+677.789	1+684.228	48.23	45.00
40	1+758.456	1+768.385	47.90	43.00
44	1+865.536	1+891.316	47.90	42.00
48	2+048.022	2+061.012	44.85	41.00
49	2+078.572	2+110.924	47.82	45.00
55	2+541.717	2+586.405	84.30	43.00
56	2+606.405	2+637.237	45.04	42.00
63	3+023.393	3+043.695	79.41	63.00
66	3+155.505	3+177.133	45.32	42.00

68	3+226.544	3+291.706	68.35	50.00
70	3+330.302	3+350.127	47.15	46.00
82	3+907.941	3+921.882	105.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	75.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	45.04	41.00

Tabla 62: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 3 metros

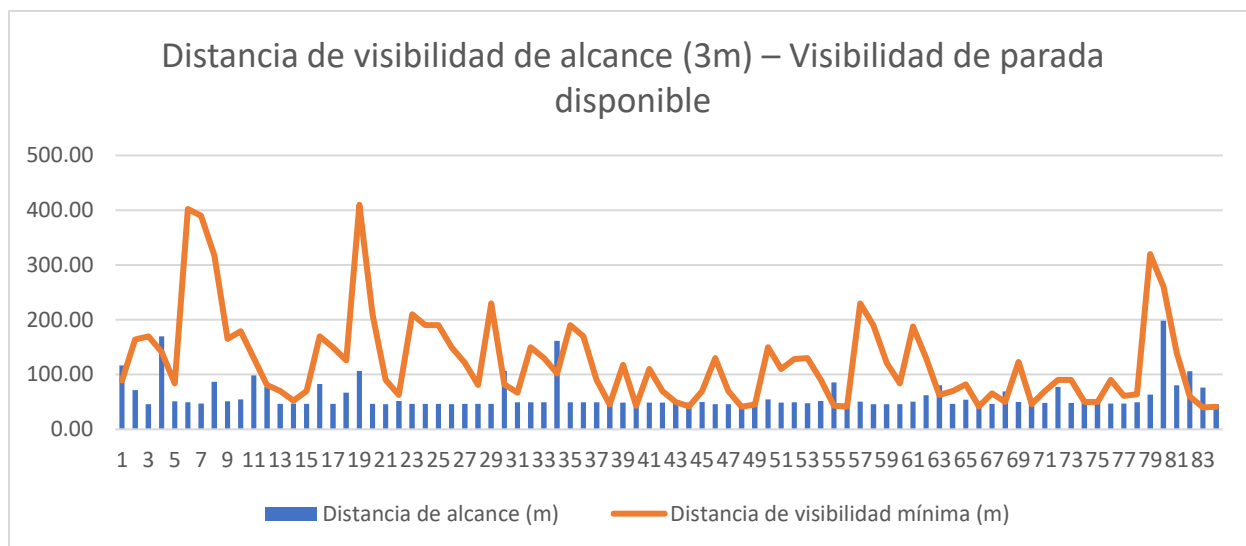


Ilustración 72: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

En el tramo 2, utilizando la norma española, y con una distancia de seguridad de 3 metros, se tiene que un total de 18 curvas no cumplen con la verificación $DV > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 21.43% del total de las 84 curvas analizadas.

El porcentaje de no cumplimiento es igual que en el sub-caso anterior, en donde, a pesar de aumentar la distancia de seguridad de 2 a 3 metros, no es lo suficiente para producir que en otras curvas la verificación no se cumpla. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	116.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	169.83	141.00
30	1+313.866	1+339.620	106.71	82.00
34	1+471.970	1+513.424	161.31	102.00
38	1+677.789	1+684.228	49.23	45.00
40	1+758.456	1+768.385	48.90	43.00
44	1+865.536	1+891.316	48.90	42.00

48	2+048.022	2+061.012	45.85	41.00
49	2+078.572	2+110.924	48.82	45.00
55	2+541.717	2+586.405	85.30	43.00
56	2+606.405	2+637.237	46.04	42.00
63	3+023.393	3+043.695	80.41	63.00
66	3+155.505	3+177.133	46.32	42.00
68	3+226.544	3+291.706	69.35	50.00
70	3+330.302	3+350.127	48.15	46.00
82	3+907.941	3+921.882	106.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	76.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	46.04	41.00

Tabla 63: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 4 metros

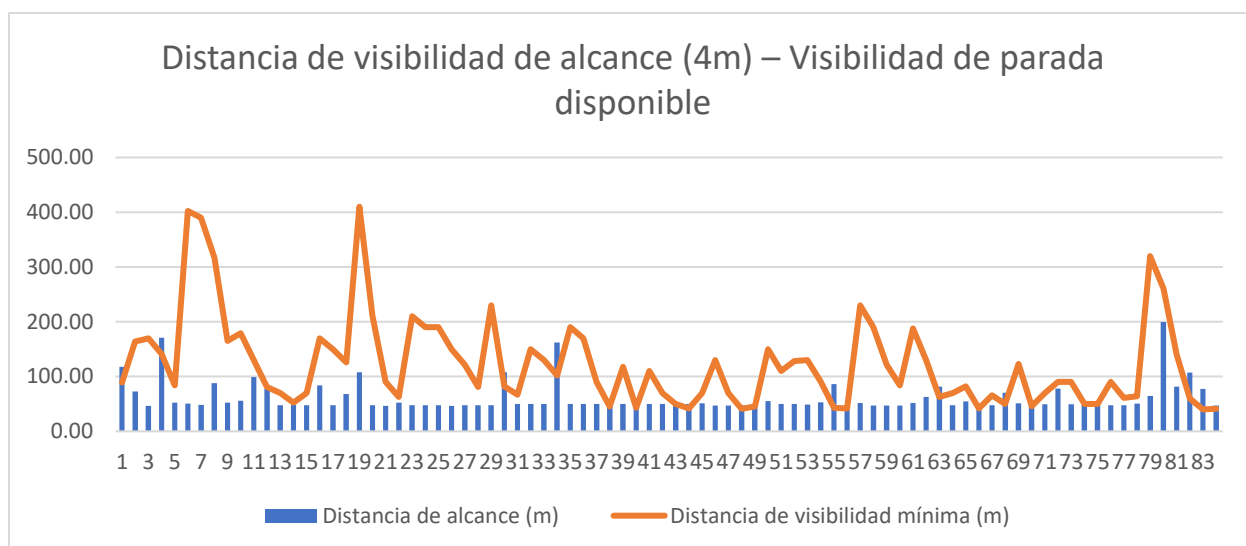


Ilustración 73: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

En el tramo 2, utilizando la norma española, y con una distancia de seguridad de 4 metros, se tiene que un total de 19 curvas no cumplen con la verificación $DV > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 22.62% del total de las 84 curvas analizadas.

Como se puede apreciar, el aumento de 1 metro en relación con el análisis anterior para la distancia de seguridad produce el aumento de 18 a 19 curvas que no cumplen con la verificación, específicamente la curva #35, con un déficit de 0.27 metros. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	117.48	89.00

4	0+140.156	0+152.545	170.83	141.00
30	1+313.866	1+339.620	107.71	82.00
34	1+471.970	1+513.424	162.31	102.00
38	1+677.789	1+684.228	50.23	45.00
40	1+758.456	1+768.385	49.90	43.00
44	1+865.536	1+891.316	49.90	42.00
48	2+048.022	2+061.012	46.85	41.00
49	2+078.572	2+110.924	49.82	45.00
55	2+541.717	2+586.405	86.30	43.00
56	2+606.405	2+637.237	47.04	42.00
63	3+023.393	3+043.695	81.41	63.00
66	3+155.505	3+177.133	47.32	42.00
68	3+226.544	3+291.706	70.35	50.00
70	3+330.302	3+350.127	49.15	46.00
75	3+468.229	3+494.798	50.27	50.00
82	3+907.941	3+921.882	107.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	77.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	47.04	41.00

Tabla 64: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 - Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 2 metros

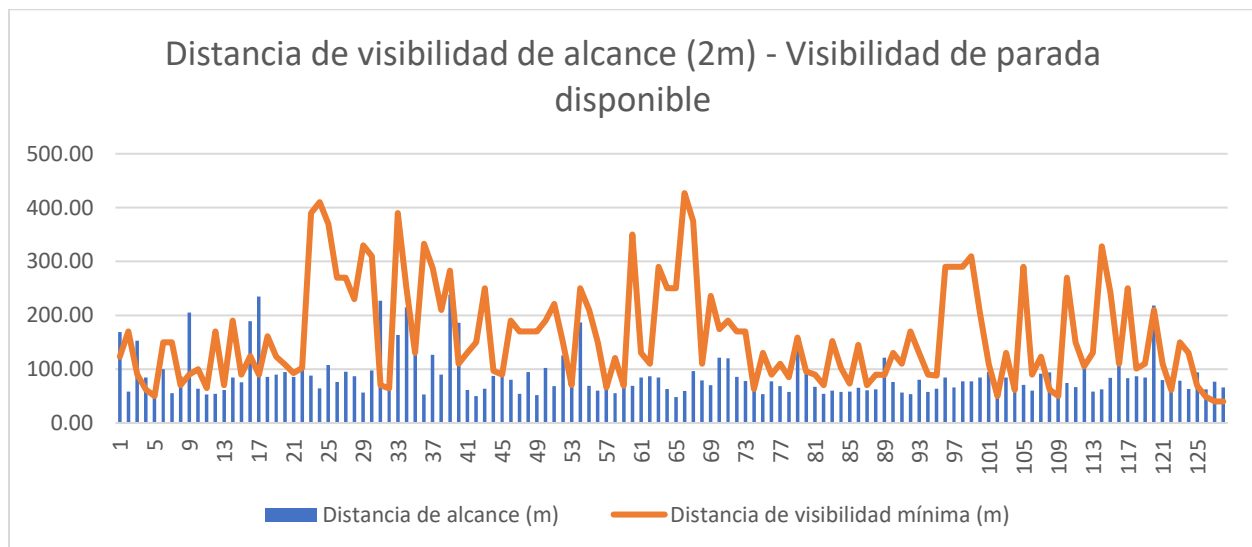


Ilustración 74: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m)

En el tramo 1, utilizando la norma AASHTO, y con una distancia de seguridad de 2 metros, se tiene que un total de 30 curvas no cumplen con la verificación $DV > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 23.44% del total de las 128 curvas analizadas. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	168.69	123.00
3	9+842.253	9+889.982	152.74	90.00
4	9+903.593	9+916.604	84.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	50.66	50.00
8	10+073.865	10+098.712	86.97	70.00
9	10+131.635	10+184.466	205.09	90.00
16	10+697.212	10+715.437	188.96	124.00
17	10+738.724	10+806.699	234.56	90.00
22	11+105.112	11+127.492	107.32	102.00
31	12+079.358	12+088.791	227.04	70.00
32	12+107.649	12+139.162	67.32	64.00
35	12+445.590	12+478.001	158.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	186.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	97.06	90.00
53	14+003.800	14+012.726	77.25	70.00
57	14+139.981	14+177.396	89.45	66.00
59	14+286.221	14+299.989	72.05	69.00
74	15+343.718	15+346.575	77.09	63.00
89	16+391.554	16+417.595	121.08	89.00
102	17+517.278	17+551.135	55.08	50.00
104	17+730.238	17+736.402	78.49	61.00
108	17+997.522	18+015.532	93.98	62.00
109	18+052.222	18+087.912	53.42	50.00
112	18+285.135	18+292.022	110.27	105.00
120	19+120.992	19+153.091	217.99	210.00
122	19+323.564	19+356.636	84.76	61.00
125	19+720.355	19+728.220	94.22	69.00
126	19+776.992	19+840.526	62.24	49.00
127	19+916.620	19+921.404	76.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	65.81	40.00

Tabla 65: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m)

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 3 metros

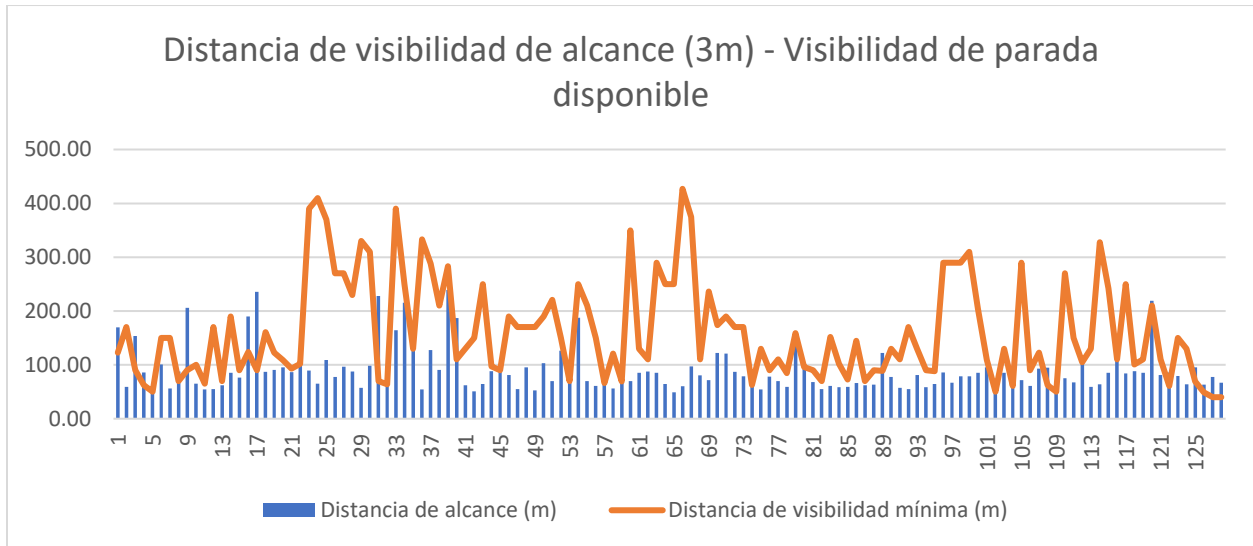


Ilustración 75: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m)

En el tramo 1, utilizando la norma AASHTO, y con una distancia de seguridad de 3 metros, se tiene que un total de 31 curvas no cumplen con la verificación $DV > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 24.22% del total de las 128 curvas analizadas.

Cabe destacar que el aumento de 1 metro en relación con el análisis anterior para la distancia de seguridad produce el aumento de 30 a 31 curvas que no cumplen con la verificación, específicamente la curva #116, con un déficit de 0.86 metros. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	169.69	123.00
3	9+842.253	9+889.982	153.74	90.00
4	9+903.593	9+916.604	85.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	51.66	50.00
8	10+073.865	10+098.712	87.97	70.00
9	10+131.635	10+184.466	206.09	90.00
16	10+697.212	10+715.437	189.96	124.00
17	10+738.724	10+806.699	235.56	90.00
22	11+105.112	11+127.492	108.32	102.00
31	12+079.358	12+088.791	228.04	70.00
32	12+107.649	12+139.162	68.32	64.00
35	12+445.590	12+478.001	159.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	187.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	98.06	90.00

53	14+003.800	14+012.726	78.25	70.00
57	14+139.981	14+177.396	90.45	66.00
59	14+286.221	14+299.989	73.05	69.00
74	15+343.718	15+346.575	78.09	63.00
89	16+391.554	16+417.595	122.08	89.00
102	17+517.278	17+551.135	56.08	50.00
104	17+730.238	17+736.402	79.49	61.00
108	17+997.522	18+015.532	94.98	62.00
109	18+052.222	18+087.912	54.42	50.00
112	18+285.135	18+292.022	111.27	105.00
116	18+661.626	18+689.675	110.86	110.00
120	19+120.992	19+153.091	218.99	210.00
122	19+323.564	19+356.636	85.76	61.00
125	19+720.355	19+728.220	95.22	69.00
126	19+776.992	19+840.526	63.24	49.00
127	19+916.620	19+921.404	77.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	66.81	40.00

Tabla 66: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m)

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 4 metros

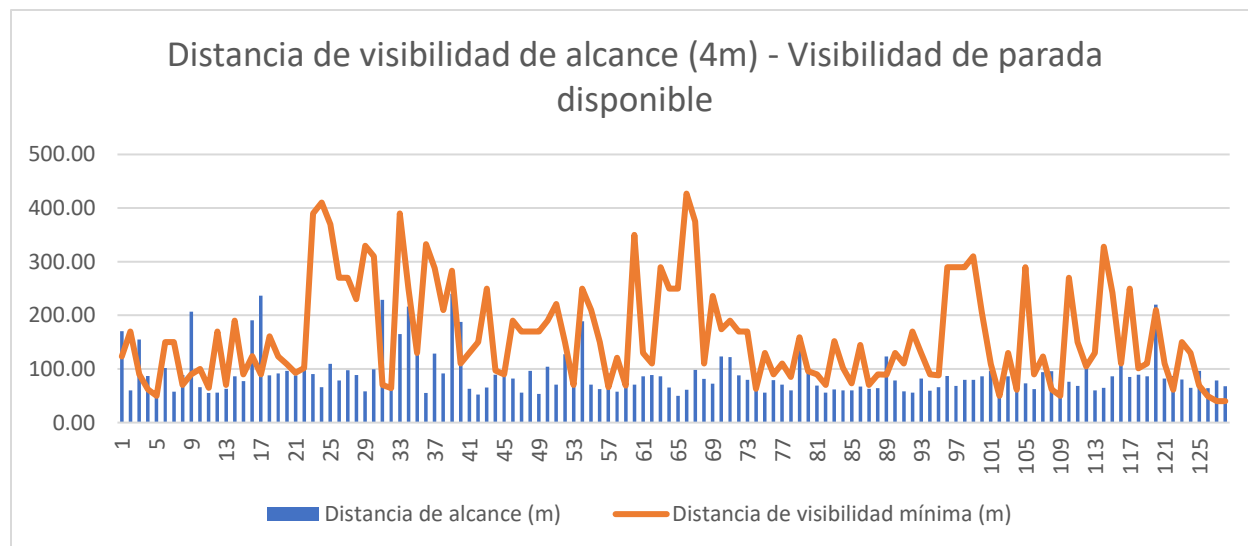


Ilustración 76: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m)

En el tramo 1, utilizando la norma AASHTO, y con una distancia de seguridad de 4 metros, se tiene que un total de 32 curvas no cumplen con la verificación $DV > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 25% del total de las 128 curvas analizadas.

Cabe destacar que el aumento de 1 metro en relación con el análisis anterior para la distancia de seguridad produce el aumento de 31 a 32 curvas que no cumplen con la verificación,

específicamente la curva #80, con un déficit de 0.73 metros. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	170.69	123.00
3	9+842.253	9+889.982	154.74	90.00
4	9+903.593	9+916.604	86.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	52.66	50.00
8	10+073.865	10+098.712	88.97	70.00
9	10+131.635	10+184.466	207.09	90.00
16	10+697.212	10+715.437	190.96	124.00
17	10+738.724	10+806.699	236.56	90.00
22	11+105.112	11+127.492	109.32	102.00
31	12+079.358	12+088.791	229.04	70.00
32	12+107.649	12+139.162	69.32	64.00
35	12+445.590	12+478.001	160.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	188.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	99.06	90.00
53	14+003.800	14+012.726	79.25	70.00
57	14+139.981	14+177.396	91.45	66.00
59	14+286.221	14+299.989	74.05	69.00
74	15+343.718	15+346.575	79.09	63.00
80	15+763.594	15+768.377	96.73	96.00
89	16+391.554	16+417.595	123.08	89.00
102	17+517.278	17+551.135	57.08	50.00
104	17+730.238	17+736.402	80.49	61.00
108	17+997.522	18+015.532	95.98	62.00
109	18+052.222	18+087.912	55.42	50.00
112	18+285.135	18+292.022	112.27	105.00
116	18+661.626	18+689.675	111.86	110.00
120	19+120.992	19+153.091	219.99	210.00
122	19+323.564	19+356.636	86.76	61.00
125	19+720.355	19+728.220	96.22	69.00
126	19+776.992	19+840.526	64.24	49.00
127	19+916.620	19+921.404	78.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	67.81	40.00

Tabla 67: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m)

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 2 metros

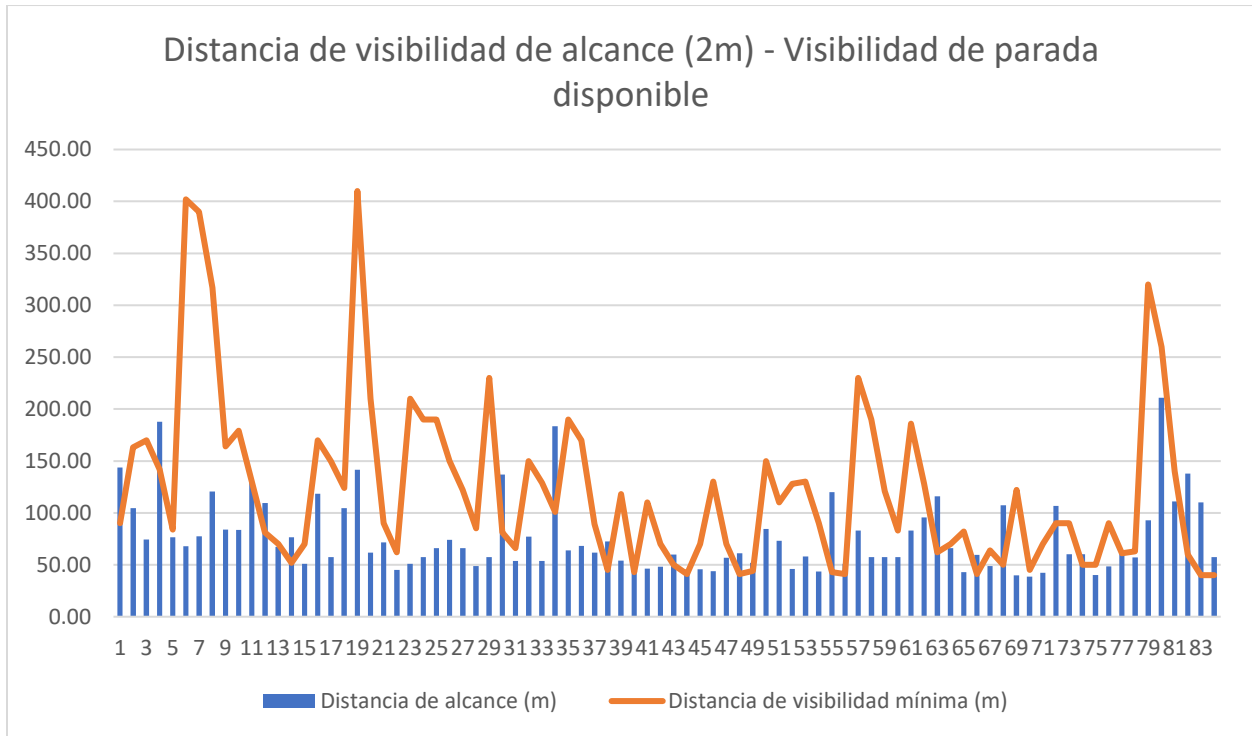


Ilustración 77: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m)

En el tramo 2, utilizando la norma AASHTO, y con una distancia de seguridad de 2 metros, se tiene que un total de 22 curvas no cumplen con la verificación $DV > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 26.19% del total de las 84 curvas analizadas. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+000.000	0+031.191	143.72	90.00
4	0+140.156	0+152.545	187.82	142.00
12	0+601.505	0+617.389	109.63	81.00
14	0+683.202	0+694.069	76.45	52.00
30	1+313.866	1+339.620	136.82	81.00
34	1+471.970	1+513.424	183.52	101.00
38	1+677.789	1+684.228	72.59	45.00
43	1+851.579	1+855.535	60.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	42.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	61.20	41.00
49	2+078.572	2+110.924	51.97	44.00
55	2+541.717	2+586.405	119.84	43.00

56	2+606.405	2+637.237	50.99	41.00
63	3+023.393	3+043.695	115.87	62.00
66	3+155.505	3+177.133	59.42	41.00
68	3+226.544	3+291.706	107.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	106.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	60.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	63.37	61.00
82	3+907.941	3+921.882	137.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	110.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	57.47	40.00

Tabla 68: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m)

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 3 metros

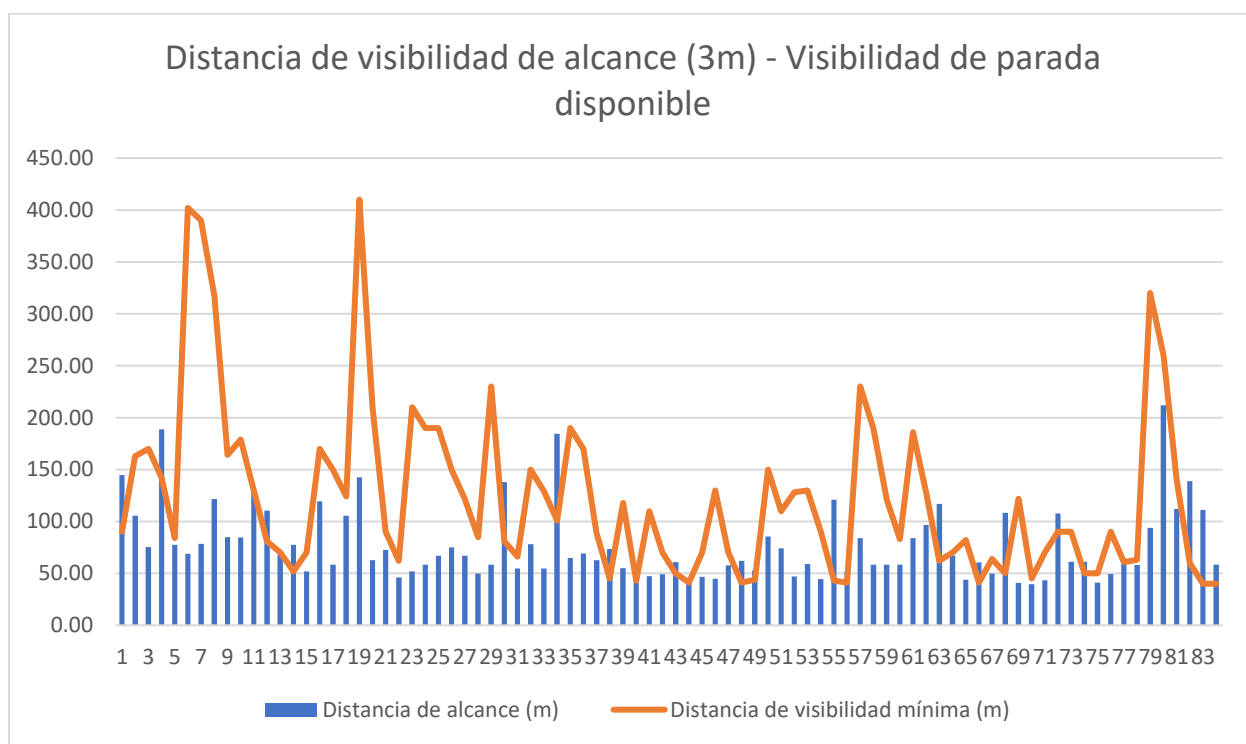


Ilustración 78: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m)

En el tramo 2, utilizando la norma AASHTO, y con una distancia de seguridad de 3 metros, se tiene que un total de 24 curvas no cumplen con la verificación $DV > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 28.57% del total de las 84 curvas analizadas.

Cabe destacar que el aumento de 1 metro en relación con el análisis anterior para la distancia de seguridad produce el aumento de 22 a 24 curvas que no cumplen con la verificación, específicamente las curva #11 y #40, con un déficit de 0.56 metros y 0.48 metros. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+000.000	0+031.191	144.72	90.00
4	0+140.156	0+152.545	188.82	142.00
11	0+579.763	0+589.567	130.56	130.00
12	0+601.505	0+617.389	110.63	81.00
14	0+683.202	0+694.069	77.45	52.00
30	1+313.866	1+339.620	137.82	81.00
34	1+471.970	1+513.424	184.52	101.00
38	1+677.789	1+684.228	73.59	45.00
40	1+758.456	1+768.385	43.48	43.00
43	1+851.579	1+855.535	61.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	43.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	62.20	41.00
49	2+078.572	2+110.924	52.97	44.00
55	2+541.717	2+586.405	120.84	43.00
56	2+606.405	2+637.237	51.99	41.00
63	3+023.393	3+043.695	116.87	62.00
66	3+155.505	3+177.133	60.42	41.00
68	3+226.544	3+291.706	108.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	107.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	61.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	64.37	61.00
82	3+907.941	3+921.882	138.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	111.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	58.47	40.00

Tabla 69: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m)

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 4 metros

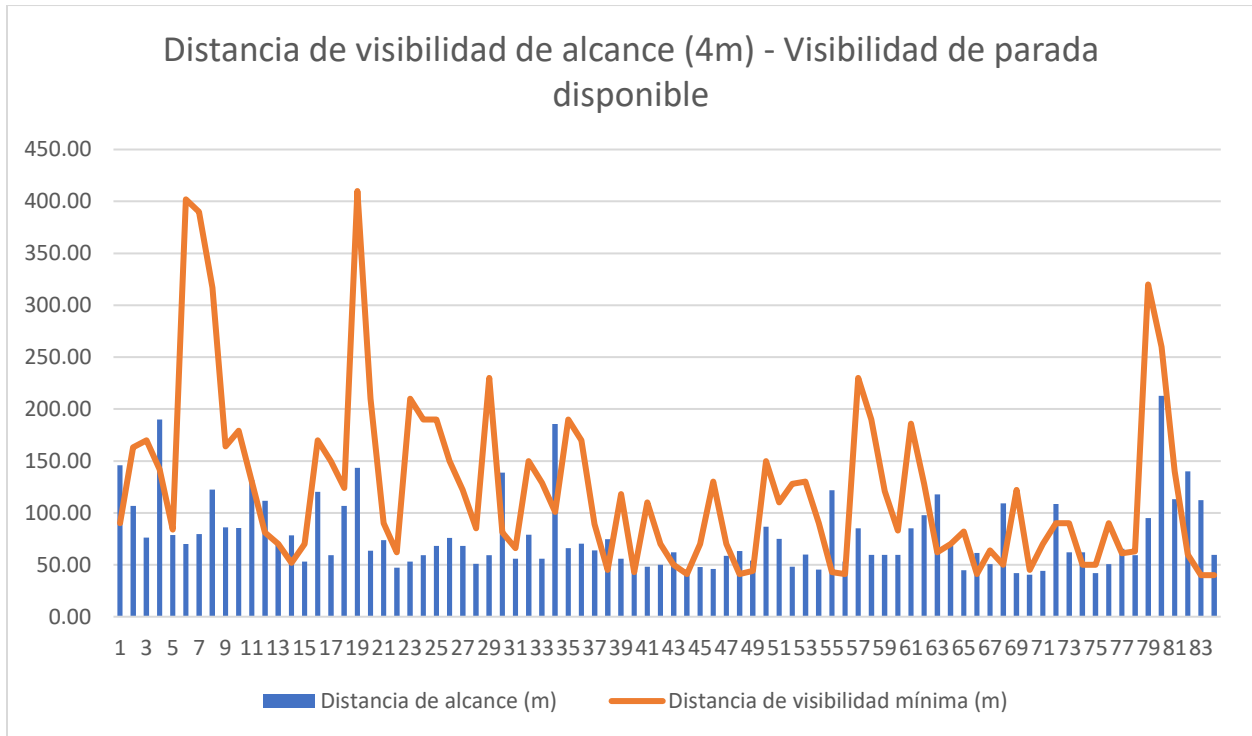


Ilustración 79: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m)

En el tramo 2, utilizando la norma AASHTO, y con una distancia de seguridad de 4 metros, se tiene que un total de 24 curvas no cumplen con la verificación $DV > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 28.57% del total de las 84 curvas analizadas.

Cabe destacar que el aumento de 1 metro en relación con el análisis anterior para la distancia de seguridad no produce un aumento en el porcentaje de curvas que no cumplen con la verificación. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+000.000	0+031.191	145.72	90.00
4	0+140.156	0+152.545	189.82	142.00
11	0+579.763	0+589.567	131.56	130.00
12	0+601.505	0+617.389	111.63	81.00
14	0+683.202	0+694.069	78.45	52.00
30	1+313.866	1+339.620	138.82	81.00
34	1+471.970	1+513.424	185.52	101.00
38	1+677.789	1+684.228	74.59	45.00
40	1+758.456	1+768.385	44.48	43.00
43	1+851.579	1+855.535	62.01	50.00

44	1+865.536	1+891.316	44.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	63.20	41.00
49	2+078.572	2+110.924	53.97	44.00
55	2+541.717	2+586.405	121.84	43.00
56	2+606.405	2+637.237	52.99	41.00
63	3+023.393	3+043.695	117.87	62.00
66	3+155.505	3+177.133	61.42	41.00
68	3+226.544	3+291.706	109.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	108.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	62.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	65.37	61.00
82	3+907.941	3+921.882	139.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	112.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	59.47	40.00

Tabla 70: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m)

6.4.2. Análisis de las distancias de alcance según velocidades de operación en curvas

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	73.00	22.34	50.66	143.63	124.00
3	9+842.253	9+889.982	68.00	18.25	49.75	123.26	90.00
9	10+131.635	10+184.466	82.00	22.51	59.49	189.55	90.00
16	10+697.212	10+715.437	78.00	12.74	65.26	157.34	127.00
17	10+738.724	10+806.699	100.00	12.74	87.26	324.45	90.00
31	12+079.358	12+088.791	90.00	30.98	59.02	248.08	70.00
34	12+255.783	12+363.371	100.00	31.51	68.49	465.41	250.00
39	12+812.671	12+940.040	100.00	27.76	72.24	337.35	283.00
40	13+192.098	13+198.449	78.00	13.64	64.36	163.31	110.00
120	19+120.992	19+153.091	100.00	24.55	75.45	398.14	210.00
127	19+916.620	19+921.404	40.00	25.93	14.07	45.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	40.00	29.59	10.41	44.86	40.00

Tabla 71: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

Los valores máximo y mínimo de diferencia de velocidad son 87.26 km/h y 8.88 km/h respectivamente. El valor promedio es de 26.04 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 10 sobre 12 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 83.33% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	73.00	22.34	50.66	144.63	124.00
3	9+842.253	9+889.982	68.00	18.25	49.75	124.26	90.00
9	10+131.635	10+184.466	82.00	22.51	59.49	190.55	90.00
16	10+697.212	10+715.437	78.00	12.74	65.26	158.34	127.00
17	10+738.724	10+806.699	100.00	12.74	87.26	325.45	90.00
31	12+079.358	12+088.791	90.00	30.98	59.02	249.08	70.00
34	12+255.783	12+363.371	100.00	31.51	68.49	466.41	250.00
39	12+812.671	12+940.040	100.00	27.76	72.24	338.35	283.00
40	13+192.098	13+198.449	78.00	13.64	64.36	164.31	110.00
108	17+997.522	18+015.532	47.00	12.74	34.26	62.49	62.00
120	19+120.992	19+153.091	100.00	24.55	75.45	399.14	210.00
127	19+916.620	19+921.404	40.00	25.93	14.07	46.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	40.00	29.59	10.41	45.86	40.00

Tabla 72: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

El valor promedio es de 26.04 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 11 sobre 13 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 84.62% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	73.00	22.34	50.66	145.63	124.00
3	9+842.253	9+889.982	68.00	18.25	49.75	125.26	90.00
9	10+131.635	10+184.466	82.00	22.51	59.49	191.55	90.00
16	10+697.212	10+715.437	78.00	12.74	65.26	159.34	127.00
17	10+738.724	10+806.699	100.00	12.74	87.26	326.45	90.00
31	12+079.358	12+088.791	90.00	30.98	59.02	250.08	70.00
34	12+255.783	12+363.371	100.00	31.51	68.49	467.41	250.00
35	12+445.590	12+478.001	70.00	27.64	42.36	130.93	130.00
39	12+812.671	12+940.040	100.00	27.76	72.24	339.35	283.00
40	13+192.098	13+198.449	78.00	13.64	64.36	165.31	110.00
102	17+517.278	17+551.135	40.00	13.18	26.82	50.60	50.00
108	17+997.522	18+015.532	47.00	12.74	34.26	63.49	62.00
120	19+120.992	19+153.091	100.00	24.55	75.45	400.14	210.00
127	19+916.620	19+921.404	40.00	25.93	14.07	47.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	40.00	29.59	10.41	46.86	40.00

Tabla 73: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

El valor promedio es de 26.04 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 13 sobre 15 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 86.67% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	66.00	18.25	47.75	115.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	78.00	25.22	52.78	168.83	141.00
30	1+313.866	1+339.620	63.00	15.31	47.69	105.71	82.00
34	1+471.970	1+513.424	77.00	15.31	61.69	160.31	102.00
38	1+677.789	1+684.228	40.00	15.31	24.69	48.23	45.00
40	1+758.456	1+768.385	40.00	16.82	23.18	47.90	43.00
44	1+865.536	1+891.316	40.00	16.82	23.18	47.90	42.00
48	2+048.022	2+061.012	40.00	29.67	10.33	44.85	41.00
49	2+078.572	2+110.924	40.00	17.13	22.87	47.82	45.00
55	2+541.717	2+586.405	58.00	28.37	29.63	84.30	43.00
56	2+606.405	2+637.237	40.00	28.37	11.63	45.04	42.00
63	3+023.393	3+043.695	57.00	31.04	25.96	79.41	63.00
66	3+155.505	3+177.133	40.00	28.37	11.63	45.32	42.00
68	3+226.544	3+291.706	53.00	31.78	21.22	68.35	50.00
70	3+330.302	3+350.127	40.00	19.77	20.23	47.15	46.00
82	3+907.941	3+921.882	63.00	19.07	43.93	105.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	53.00	19.07	33.93	75.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	40.00	28.39	11.61	45.04	41.00

Tabla 74: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

Para el tramo 2, los valores máximo y mínimo de diferencia de velocidad son 70.15 km/h y 8.34 km/h respectivamente. El valor promedio es de 22.72 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 12 sobre 18 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 66.67% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	66.00	18.25	47.75	116.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	78.00	25.22	52.78	169.83	141.00
30	1+313.866	1+339.620	63.00	15.31	47.69	106.71	82.00
34	1+471.970	1+513.424	77.00	15.31	61.69	161.31	102.00
38	1+677.789	1+684.228	40.00	15.31	24.69	49.23	45.00
40	1+758.456	1+768.385	40.00	16.82	23.18	48.90	43.00
44	1+865.536	1+891.316	40.00	16.82	23.18	48.90	42.00
48	2+048.022	2+061.012	40.00	29.67	10.33	45.85	41.00
49	2+078.572	2+110.924	40.00	17.13	22.87	48.82	45.00
55	2+541.717	2+586.405	58.00	28.37	29.63	85.30	43.00
56	2+606.405	2+637.237	40.00	28.37	11.63	46.04	42.00
63	3+023.393	3+043.695	57.00	31.04	25.96	80.41	63.00
66	3+155.505	3+177.133	40.00	28.37	11.63	46.32	42.00
68	3+226.544	3+291.706	53.00	31.78	21.22	69.35	50.00
70	3+330.302	3+350.127	40.00	19.77	20.23	48.15	46.00
82	3+907.941	3+921.882	63.00	19.07	43.93	106.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	53.00	19.07	33.93	76.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	40.00	28.39	11.61	46.04	41.00

Tabla 75: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

El valor promedio es de 22.72 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 12 sobre 18 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 66.67% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	66.00	18.25	47.75	117.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	78.00	25.22	52.78	170.83	141.00
30	1+313.866	1+339.620	63.00	15.31	47.69	107.71	82.00
34	1+471.970	1+513.424	77.00	15.31	61.69	162.31	102.00
38	1+677.789	1+684.228	40.00	15.31	24.69	50.23	45.00
40	1+758.456	1+768.385	40.00	16.82	23.18	49.90	43.00
44	1+865.536	1+891.316	40.00	16.82	23.18	49.90	42.00
48	2+048.022	2+061.012	40.00	29.67	10.33	46.85	41.00
49	2+078.572	2+110.924	40.00	17.13	22.87	49.82	45.00
55	2+541.717	2+586.405	58.00	28.37	29.63	86.30	43.00

56	2+606.405	2+637.237	40.00	28.37	11.63	47.04	42.00
63	3+023.393	3+043.695	57.00	31.04	25.96	81.41	63.00
66	3+155.505	3+177.133	40.00	28.37	11.63	47.32	42.00
68	3+226.544	3+291.706	53.00	31.78	21.22	70.35	50.00
70	3+330.302	3+350.127	40.00	19.77	20.23	49.15	46.00
75	3+468.229	3+494.798	40.00	19.77	20.23	50.27	50.00
82	3+907.941	3+921.882	63.00	19.07	43.93	107.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	53.00	19.07	33.93	77.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	40.00	28.39	11.61	47.04	41.00

Tabla 76: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

El valor promedio es de 22.72 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 12 sobre 19 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 63.16% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	77.00	22.34	54.66	168.69	123.00
3	9+842.253	9+889.982	72.00	18.25	53.75	152.74	90.00
4	9+903.593	9+916.604	47.00	23.55	23.45	84.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	32.00	24.71	7.29	50.66	50.00
8	10+073.86 5	10+098.712	48.00	17.06	30.94	86.97	70.00
9	10+131.63 5	10+184.466	88.00	22.51	65.49	205.09	90.00
16	10+697.21 2	10+715.437	83.00	12.74	70.26	188.96	124.00
17	10+738.72 4	10+806.699	100.00	12.74	87.26	234.56	90.00
22	11+105.11 2	11+127.492	57.00	31.65	25.35	107.32	102.00
31	12+079.35 8	12+088.791	95.00	30.98	64.02	227.04	70.00
32	12+107.64 9	12+139.162	41.00	30.98	10.02	67.32	64.00
35	12+445.59 0	12+478.001	74.00	27.64	46.36	158.35	130.00
40	13+192.09 8	13+198.449	83.00	13.64	69.36	186.01	110.00
45	13+596.67 1	13+611.048	52.00	18.21	33.79	97.06	90.00
53	14+003.80 0	14+012.726	44.00	12.74	31.26	77.25	70.00

57	14+139.98 1	14+177.396	49.00	23.99	25.01	89.45	66.00
59	14+286.22 1	14+299.989	42.00	12.74	29.26	72.05	69.00
74	15+343.71 8	15+346.575	44.00	25.05	18.95	77.09	63.00
89	16+391.55 4	16+417.595	62.00	31.78	30.22	121.08	89.00
102	17+517.27 8	17+551.135	34.00	13.18	20.82	55.08	50.00
104	17+730.23 8	17+736.402	44.00	12.74	31.26	78.49	61.00
108	17+997.52 2	18+015.532	51.00	12.74	38.26	93.98	62.00
109	18+052.22 2	18+087.912	33.00	22.59	10.41	53.42	50.00
112	18+285.13 5	18+292.022	57.00	22.11	34.89	110.27	105.00
120	19+120.99 2	19+153.091	100.00	24.55	75.45	217.99	210.00
122	19+323.56 4	19+356.636	47.00	18.18	28.82	84.76	61.00
125	19+720.35 5	19+728.220	51.00	16.70	34.30	94.22	69.00
126	19+776.99 2	19+840.526	37.00	18.19	18.81	62.24	49.00
127	19+916.62 0	19+921.404	44.00	25.93	18.07	76.81	40.00
128	19+939.40 4	19+971.329	40.00	29.59	10.41	65.81	40.00

Tabla 77: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 1 – AASHTO– distancia de seguridad: 2m)

En la normativa AASHTO, los valores máximo y mínimo de diferencia de velocidad son 87.26 km/h y 3.16 km/h respectivamente. El valor promedio es de 26.81 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 19 sobre 30 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 63.33% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	77.00	22.34	54.66	169.69	123.00
3	9+842.253	9+889.982	72.00	18.25	53.75	153.74	90.00
4	9+903.593	9+916.604	47.00	23.55	23.45	85.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	32.00	24.71	7.29	51.66	50.00
8	10+073.86 5	10+098.712	48.00	17.06	30.94	87.97	70.00

9	10+131.63 5	10+184.466	88.00	22.51	65.49	206.09	90.00
16	10+697.21 2	10+715.437	83.00	12.74	70.26	189.96	124.00
17	10+738.72 4	10+806.699	100.00	12.74	87.26	235.56	90.00
22	11+105.11 2	11+127.492	57.00	31.65	25.35	108.32	102.00
31	12+079.35 8	12+088.791	95.00	30.98	64.02	228.04	70.00
32	12+107.64 9	12+139.162	41.00	30.98	10.02	68.32	64.00
35	12+445.59 0	12+478.001	74.00	27.64	46.36	159.35	130.00
40	13+192.09 8	13+198.449	83.00	13.64	69.36	187.01	110.00
45	13+596.67 1	13+611.048	52.00	18.21	33.79	98.06	90.00
53	14+003.80 0	14+012.726	44.00	12.74	31.26	78.25	70.00
57	14+139.98 1	14+177.396	49.00	23.99	25.01	90.45	66.00
59	14+286.22 1	14+299.989	42.00	12.74	29.26	73.05	69.00
74	15+343.71 8	15+346.575	44.00	25.05	18.95	78.09	63.00
89	16+391.55 4	16+417.595	62.00	31.78	30.22	122.08	89.00
102	17+517.27 8	17+551.135	34.00	13.18	20.82	56.08	50.00
104	17+730.23 8	17+736.402	44.00	12.74	31.26	79.49	61.00
108	17+997.52 2	18+015.532	51.00	12.74	38.26	94.98	62.00
109	18+052.22 2	18+087.912	33.00	22.59	10.41	54.42	50.00
112	18+285.13 5	18+292.022	57.00	22.11	34.89	111.27	105.00
116	18+661.62 6	18+689.675	57.00	17.75	39.25	110.86	110.00
120	19+120.99 2	19+153.091	100.00	24.55	75.45	218.99	210.00
122	19+323.56 4	19+356.636	47.00	18.18	28.82	85.76	61.00
125	19+720.35 5	19+728.220	51.00	16.70	34.30	95.22	69.00
126	19+776.99 2	19+840.526	37.00	18.19	18.81	63.24	49.00
127	19+916.62 0	19+921.404	44.00	25.93	18.07	77.81	40.00
128	19+939.40 4	19+971.329	40.00	29.59	10.41	66.81	40.00

Tabla 78: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 1 – AASHTO– distancia de seguridad: 3m)

El valor promedio es de 26.81 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 20 sobre 31 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 64.52% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	77.00	22.34	54.66	170.69	123.00
3	9+842.253	9+889.982	72.00	18.25	53.75	154.74	90.00
4	9+903.593	9+916.604	47.00	23.55	23.45	86.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	32.00	24.71	7.29	52.66	50.00
8	10+073.865	10+098.712	48.00	17.06	30.94	88.97	70.00
9	10+131.635	10+184.466	88.00	22.51	65.49	207.09	90.00
16	10+697.212	10+715.437	83.00	12.74	70.26	190.96	124.00
17	10+738.724	10+806.699	100.00	12.74	87.26	236.56	90.00
22	11+105.112	11+127.492	57.00	31.65	25.35	109.32	102.00
31	12+079.358	12+088.791	95.00	30.98	64.02	229.04	70.00
32	12+107.649	12+139.162	41.00	30.98	10.02	69.32	64.00
35	12+445.590	12+478.001	74.00	27.64	46.36	160.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	83.00	13.64	69.36	188.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	52.00	18.21	33.79	99.06	90.00
53	14+003.800	14+012.726	44.00	12.74	31.26	79.25	70.00
57	14+139.981	14+177.396	49.00	23.99	25.01	91.45	66.00
59	14+286.221	14+299.989	42.00	12.74	29.26	74.05	69.00
74	15+343.718	15+346.575	44.00	25.05	18.95	79.09	63.00
80	15+763.594	15+768.377	51.00	22.00	29.00	96.73	96.00
89	16+391.554	16+417.595	62.00	31.78	30.22	123.08	89.00
102	17+517.278	17+551.135	34.00	13.18	20.82	57.08	50.00
104	17+730.238	17+736.402	44.00	12.74	31.26	80.49	61.00

108	17+997.52 2	18+015.532	51.00	12.74	38.26	95.98	62.00
109	18+052.22 2	18+087.912	33.00	22.59	10.41	55.42	50.00
112	18+285.13 5	18+292.022	57.00	22.11	34.89	112.27	105.00
116	18+661.62 6	18+689.675	57.00	17.75	39.25	111.86	110.00
120	19+120.99 2	19+153.091	100.00	24.55	75.45	219.99	210.00
122	19+323.56 4	19+356.636	47.00	18.18	28.82	86.76	61.00
125	19+720.35 5	19+728.220	51.00	16.70	34.30	96.22	69.00
126	19+776.99 2	19+840.526	37.00	18.19	18.81	64.24	49.00
127	19+916.62 0	19+921.404	44.00	25.93	18.07	78.81	40.00
128	19+939.40 4	19+971.329	40.00	29.59	10.41	67.81	40.00

Tabla 79: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 1 – AASHTO– distancia de seguridad: 4m)

El valor promedio es de 26.81 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 21 sobre 32 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 65.63% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+000.000	0+031.191	69.00	18.25	50.75	143.72	90.00
4	0+140.156	0+152.545	83.00	25.22	57.78	187.82	142.00
12	0+601.505	0+617.389	57.00	16.89	40.11	109.63	81.00
14	0+683.202	0+694.069	45.00	31.66	13.34	76.45	52.00
30	1+313.866	1+339.620	67.00	15.31	51.69	136.82	81.00
34	1+471.970	1+513.424	82.00	15.31	66.69	183.52	101.00
38	1+677.789	1+684.228	42.00	15.31	26.69	72.59	45.00
43	1+851.579	1+855.535	36.00	16.82	19.18	60.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	27.00	16.82	10.18	42.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	38.00	29.67	8.33	61.20	41.00
49	2+078.572	2+110.924	32.00	17.13	14.87	51.97	44.00
55	2+541.717	2+586.405	61.00	28.37	32.63	119.84	43.00
56	2+606.405	2+637.237	33.00	28.37	4.63	50.99	41.00
63	3+023.393	3+043.695	60.00	31.04	28.96	115.87	62.00
66	3+155.505	3+177.133	37.00	28.37	8.63	59.42	41.00
68	3+226.544	3+291.706	57.00	31.78	25.22	107.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	56.00	15.83	40.17	106.66	90.00

74	3+432.155	3+447.155	36.00	18.74	17.26	60.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	38.00	25.02	12.98	63.37	61.00
82	3+907.941	3+921.882	67.00	19.07	47.93	137.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	57.00	19.07	37.93	110.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	36.00	28.39	7.61	57.47	40.00

Tabla 80: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 2 – AASHTO– distancia de seguridad: 2m)

Para el tramo 2, los valores máximo y mínimo de diferencia de velocidad son 75.15 km/h y 0.33 km/h respectivamente. El valor promedio es de 20.53 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 12 sobre 22 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 54.55% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+000.000	0+031.191	69.00	18.25	50.75	144.72	90.00
4	0+140.156	0+152.545	83.00	25.22	57.78	188.82	142.00
11	0+579.763	0+589.567	64.00	22.40	41.60	130.56	130.00
12	0+601.505	0+617.389	57.00	16.89	40.11	110.63	81.00
14	0+683.202	0+694.069	45.00	31.66	13.34	77.45	52.00
30	1+313.866	1+339.620	67.00	15.31	51.69	137.82	81.00
34	1+471.970	1+513.424	82.00	15.31	66.69	184.52	101.00
38	1+677.789	1+684.228	42.00	15.31	26.69	73.59	45.00
40	1+758.456	1+768.385	27.00	16.82	10.18	43.48	43.00
43	1+851.579	1+855.535	36.00	16.82	19.18	61.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	27.00	16.82	10.18	43.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	38.00	29.67	8.33	62.20	41.00
49	2+078.572	2+110.924	32.00	17.13	14.87	52.97	44.00
55	2+541.717	2+586.405	61.00	28.37	32.63	120.84	43.00
56	2+606.405	2+637.237	33.00	28.37	4.63	51.99	41.00
63	3+023.393	3+043.695	60.00	31.04	28.96	116.87	62.00
66	3+155.505	3+177.133	37.00	28.37	8.63	60.42	41.00
68	3+226.544	3+291.706	57.00	31.78	25.22	108.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	56.00	15.83	40.17	107.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	36.00	18.74	17.26	61.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	38.00	25.02	12.98	64.37	61.00
82	3+907.941	3+921.882	67.00	19.07	47.93	138.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	57.00	19.07	37.93	111.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	36.00	28.39	7.61	58.47	40.00

Tabla 81: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 2 – AASHTO– distancia de seguridad: 3m)

El valor promedio es de 20.53 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 13 sobre 24 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de

diferencia de velocidad, lo que representa un 54.17% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+000.000	0+031.191	69.00	18.25	50.75	145.72	90.00
4	0+140.156	0+152.545	83.00	25.22	57.78	189.82	142.00
11	0+579.763	0+589.567	64.00	22.40	41.60	131.56	130.00
12	0+601.505	0+617.389	57.00	16.89	40.11	111.63	81.00
14	0+683.202	0+694.069	45.00	31.66	13.34	78.45	52.00
30	1+313.866	1+339.620	67.00	15.31	51.69	138.82	81.00
34	1+471.970	1+513.424	82.00	15.31	66.69	185.52	101.00
38	1+677.789	1+684.228	42.00	15.31	26.69	74.59	45.00
40	1+758.456	1+768.385	27.00	16.82	10.18	44.48	43.00
43	1+851.579	1+855.535	36.00	16.82	19.18	62.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	27.00	16.82	10.18	44.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	38.00	29.67	8.33	63.20	41.00
49	2+078.572	2+110.924	32.00	17.13	14.87	53.97	44.00
55	2+541.717	2+586.405	61.00	28.37	32.63	121.84	43.00
56	2+606.405	2+637.237	33.00	28.37	4.63	52.99	41.00
63	3+023.393	3+043.695	60.00	31.04	28.96	117.87	62.00
66	3+155.505	3+177.133	37.00	28.37	8.63	61.42	41.00
68	3+226.544	3+291.706	57.00	31.78	25.22	109.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	56.00	15.83	40.17	108.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	36.00	18.74	17.26	62.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	38.00	25.02	12.98	65.37	61.00
82	3+907.941	3+921.882	67.00	19.07	47.93	139.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	57.00	19.07	37.93	112.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	36.00	28.39	7.61	59.47	40.00

Tabla 82: distancia de visibilidad de alcance-diferencias de velocidad (tramo 2 – AASHTO– distancia de seguridad: 4m)

El valor promedio es de 20.53 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 13 sobre 24 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 54.17% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

6.4.3. Análisis de las distancias de alcance según el tipo de curva

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	-211.70	143.63	124.00
3	9+842.253	9+889.982	-180.00	123.26	90.00
9	10+131.635	10+184.466	285.00	189.55	90.00
16	10+697.212	10+715.437	250.00	157.34	127.00
17	10+738.724	10+806.699	-1157.37	324.45	90.00
31	12+079.358	12+088.791	350.00	248.08	70.00
34	12+255.783	12+363.371	-1330.04	465.41	250.00
39	12+812.671	12+940.040	541.10	337.35	283.00
40	13+192.098	13+198.449	-250.00	163.31	110.00
120	19+120.992	19+153.091	1670.46	398.14	210.00
127	19+916.620	19+921.404	50.00	45.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	-41.52	44.86	40.00

Tabla 83: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 12 curvas que no cumplen con la verificación, 6 curvas son a izquierda, lo que representa un 50%. El resto, 6 curvas a derecha, representa un 50%. A modo global, se tiene que 6 curvas de 64 no cumplen la verificación, un 9.38% de las curvas a izquierda, y 6 curvas de 64 a derecha, lo que supone un 9.38%.

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	-211.70	144.63	124.00
3	9+842.253	9+889.982	-180.00	124.26	90.00
9	10+131.635	10+184.466	285.00	190.55	90.00
16	10+697.212	10+715.437	250.00	158.34	127.00
17	10+738.724	10+806.699	-1157.37	325.45	90.00
31	12+079.358	12+088.791	350.00	249.08	70.00
34	12+255.783	12+363.371	-1330.04	466.41	250.00
39	12+812.671	12+940.040	541.10	338.35	283.00
40	13+192.098	13+198.449	-250.00	164.31	110.00
108	17+997.522	18+015.532	-75.00	62.49	62.00
120	19+120.992	19+153.091	1670.46	399.14	210.00
127	19+916.620	19+921.404	50.00	46.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	-41.52	45.86	40.00

Tabla 84: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 13 curvas que no cumplen con la verificación, 7 curvas son a izquierda, lo que representa un 53.85%. El resto, 6 curvas a derecha, representa un 46.15%. A modo global, se tiene que 7 curvas de 64 no cumplen la verificación, un 10.94% de las curvas a izquierda, y 6 curvas de 64 a derecha, lo que supone un 9.38%.

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	-211.70	145.63	124.00
3	9+842.253	9+889.982	-180.00	125.26	90.00
9	10+131.635	10+184.466	285.00	191.55	90.00
16	10+697.212	10+715.437	250.00	159.34	127.00
17	10+738.724	10+806.699	-1157.37	326.45	90.00
31	12+079.358	12+088.791	350.00	250.08	70.00
34	12+255.783	12+363.371	-1330.04	467.41	250.00
35	12+445.590	12+478.001	-190.00	130.93	130.00
39	12+812.671	12+940.040	541.10	339.35	283.00
40	13+192.098	13+198.449	-250.00	165.31	110.00
102	17+517.278	17+551.135	26.00	50.60	50.00
108	17+997.522	18+015.532	-75.00	63.49	62.00
120	19+120.992	19+153.091	1670.46	400.14	210.00
127	19+916.620	19+921.404	50.00	47.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	-41.52	46.86	40.00

Tabla 85: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 15 curvas que no cumplen con la verificación, 8 curvas son a izquierda, lo que representa un 53.33%. El resto, 7 curvas a derecha, representa un 46.67%. A modo global, se tiene que 8 curvas de 64 no cumplen la verificación, un 12.5% de las curvas a izquierda, y 7 curvas de 64 a derecha, lo que supone un 10.94%.

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	163.29	115.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	250.00	168.83	141.00
30	1+313.866	1+339.620	-150.00	105.71	82.00
34	1+471.970	1+513.424	-245.68	160.31	102.00
38	1+677.789	1+684.228	45.00	48.23	45.00

40	1+758.456	1+768.385	-15.00	47.90	43.00
44	1+865.536	1+891.316	-15.00	47.90	42.00
48	2+048.022	2+061.012	35.00	44.85	41.00
49	2+078.572	2+110.924	22.00	47.82	45.00
55	2+541.717	2+586.405	-120.00	84.30	43.00
56	2+606.405	2+637.237	24.00	45.04	42.00
63	3+023.393	3+043.695	115.00	79.41	63.00
66	3+155.505	3+177.133	-32.00	45.32	42.00
68	3+226.544	3+291.706	99.47	68.35	50.00
70	3+330.302	3+350.127	-12.00	47.15	46.00
82	3+907.941	3+921.882	150.00	105.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	-100.00	75.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	29.45	45.04	41.00

Tabla 86: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 18 curvas que no cumplen con la verificación, 8 curvas son a izquierda, lo que representa un 44.44%. El resto, 10 curvas a derecha, representa un 55.57%. A modo global, se tiene que 8 curvas de 40 no cumplen la verificación, un 20% de las curvas a izquierda, y 10 curvas de 44 a derecha, lo que supone un 22.73%.

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	163.29	116.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	250.00	169.83	141.00
30	1+313.866	1+339.620	-150.00	106.71	82.00
34	1+471.970	1+513.424	-245.68	161.31	102.00
38	1+677.789	1+684.228	45.00	49.23	45.00
40	1+758.456	1+768.385	-15.00	48.90	43.00
44	1+865.536	1+891.316	-15.00	48.90	42.00
48	2+048.022	2+061.012	35.00	45.85	41.00
49	2+078.572	2+110.924	22.00	48.82	45.00
55	2+541.717	2+586.405	-120.00	85.30	43.00
56	2+606.405	2+637.237	24.00	46.04	42.00
63	3+023.393	3+043.695	115.00	80.41	63.00
66	3+155.505	3+177.133	-32.00	46.32	42.00
68	3+226.544	3+291.706	99.47	69.35	50.00
70	3+330.302	3+350.127	-12.00	48.15	46.00
82	3+907.941	3+921.882	150.00	106.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	-100.00	76.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	29.45	46.04	41.00

Tabla 87: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 18 curvas que no cumplen con la verificación, 8 curvas son a izquierda, lo que representa un 44.44%. El resto, 10 curvas a derecha, representa un 55.57%. A modo global, se tiene que 8 curvas de 40 no cumplen la verificación, un 20% de las curvas a izquierda, y 10 curvas de 44 a derecha, lo que supone un 22.73%.

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	163.29	117.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	250.00	170.83	141.00
30	1+313.866	1+339.620	-150.00	107.71	82.00
34	1+471.970	1+513.424	-245.68	162.31	102.00
38	1+677.789	1+684.228	45.00	50.23	45.00
40	1+758.456	1+768.385	-15.00	49.90	43.00
44	1+865.536	1+891.316	-15.00	49.90	42.00
48	2+048.022	2+061.012	35.00	46.85	41.00
49	2+078.572	2+110.924	22.00	49.82	45.00
55	2+541.717	2+586.405	-120.00	86.30	43.00
56	2+606.405	2+637.237	24.00	47.04	42.00
63	3+023.393	3+043.695	115.00	81.41	63.00
66	3+155.505	3+177.133	-32.00	47.32	42.00
68	3+226.544	3+291.706	99.47	70.35	50.00
70	3+330.302	3+350.127	-12.00	49.15	46.00
75	3+468.229	3+494.798	-13.00	50.27	50.00
82	3+907.941	3+921.882	150.00	107.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	-100.00	77.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	29.45	47.04	41.00

Tabla 88: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 19 curvas que no cumplen con la verificación, 9 curvas son a izquierda, lo que representa un 47.37%. El resto, 10 curvas a derecha, representa un 52.63%. A modo global, se tiene que 9 curvas de 40 no cumplen la verificación, un 22.5% de las curvas a izquierda, y 10 curvas de 44 a derecha, lo que supone un 22.73%.

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	-211.70	168.69	123.00

3	9+842.253	9+889.982	-180.00	152.74	90.00
4	9+903.593	9+916.604	-60.00	84.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	22.00	50.66	50.00
8	10+073.865	10+098.712	65.00	86.97	70.00
9	10+131.635	10+184.466	285.00	205.09	90.00
16	10+697.212	10+715.437	250.00	188.96	124.00
17	10+738.724	10+806.699	-1157.37	234.56	90.00
22	11+105.112	11+127.492	-100.00	107.32	102.00
31	12+079.358	12+088.791	350.00	227.04	70.00
32	12+107.649	12+139.162	42.00	67.32	64.00
35	12+445.590	12+478.001	-190.00	158.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	-250.00	186.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	-80.00	97.06	90.00
53	14+003.800	14+012.726	50.00	77.25	70.00
57	14+139.981	14+177.396	-67.00	89.45	66.00
59	14+286.221	14+299.989	-46.27	72.05	69.00
74	15+343.718	15+346.575	50.00	77.09	63.00
89	16+391.554	16+417.595	125.00	121.08	89.00
102	17+517.278	17+551.135	26.00	55.08	50.00
104	17+730.238	17+736.402	-50.00	78.49	61.00
108	17+997.522	18+015.532	-75.00	93.98	62.00
109	18+052.222	18+087.912	24.00	53.42	50.00
112	18+285.135	18+292.022	100.00	110.27	105.00
120	19+120.992	19+153.091	1670.46	217.99	210.00
122	19+323.564	19+356.636	60.00	84.76	61.00
125	19+720.355	19+728.220	-75.00	94.22	69.00
126	19+776.992	19+840.526	32.80	62.24	49.00
127	19+916.620	19+921.404	50.00	76.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	-41.52	65.81	40.00

Tabla 89: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 30 curvas que no cumplen con la verificación, 14 curvas son a izquierda, lo que representa un 46.67%. El resto, 16 curvas a derecha, representa un 53.33%. A modo global, se tiene que 14 curvas de 64 no cumplen la verificación, un 21.88% de las curvas a izquierda, y 16 curvas de 64 a derecha, lo que supone un 25%.

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	-211.70	169.69	123.00
3	9+842.253	9+889.982	-180.00	153.74	90.00

4	9+903.593	9+916.604	-60.00	85.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	22.00	51.66	50.00
8	10+073.865	10+098.712	65.00	87.97	70.00
9	10+131.635	10+184.466	285.00	206.09	90.00
16	10+697.212	10+715.437	250.00	189.96	124.00
17	10+738.724	10+806.699	-1157.37	235.56	90.00
22	11+105.112	11+127.492	-100.00	108.32	102.00
31	12+079.358	12+088.791	350.00	228.04	70.00
32	12+107.649	12+139.162	42.00	68.32	64.00
35	12+445.590	12+478.001	-190.00	159.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	-250.00	187.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	-80.00	98.06	90.00
53	14+003.800	14+012.726	50.00	78.25	70.00
57	14+139.981	14+177.396	-67.00	90.45	66.00
59	14+286.221	14+299.989	-46.27	73.05	69.00
74	15+343.718	15+346.575	50.00	78.09	63.00
89	16+391.554	16+417.595	125.00	122.08	89.00
102	17+517.278	17+551.135	26.00	56.08	50.00
104	17+730.238	17+736.402	-50.00	79.49	61.00
108	17+997.522	18+015.532	-75.00	94.98	62.00
109	18+052.222	18+087.912	24.00	54.42	50.00
112	18+285.135	18+292.022	100.00	111.27	105.00
116	18+661.626	18+689.675	-100.00	110.86	110.00
120	19+120.992	19+153.091	1670.46	218.99	210.00
122	19+323.564	19+356.636	60.00	85.76	61.00
125	19+720.355	19+728.220	-75.00	95.22	69.00
126	19+776.992	19+840.526	32.80	63.24	49.00
127	19+916.620	19+921.404	50.00	77.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	-41.52	66.81	40.00

Tabla 90: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 31 curvas que no cumplen con la verificación, 15 curvas son a izquierda, lo que representa un 48.39%. El resto, 16 curvas a derecha, representa un 51.61%. A modo global, se tiene que 15 curvas de 64 no cumplen la verificación, un 23.44% de las curvas a izquierda, y 16 curvas de 64 a derecha, lo que supone un 25%.

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	-211.70	170.69	123.00
3	9+842.253	9+889.982	-180.00	154.74	90.00

4	9+903.593	9+916.604	-60.00	86.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	22.00	52.66	50.00
8	10+073.865	10+098.712	65.00	88.97	70.00
9	10+131.635	10+184.466	285.00	207.09	90.00
16	10+697.212	10+715.437	250.00	190.96	124.00
17	10+738.724	10+806.699	-1157.37	236.56	90.00
22	11+105.112	11+127.492	-100.00	109.32	102.00
31	12+079.358	12+088.791	350.00	229.04	70.00
32	12+107.649	12+139.162	42.00	69.32	64.00
35	12+445.590	12+478.001	-190.00	160.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	-250.00	188.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	-80.00	99.06	90.00
53	14+003.800	14+012.726	50.00	79.25	70.00
57	14+139.981	14+177.396	-67.00	91.45	66.00
59	14+286.221	14+299.989	-46.27	74.05	69.00
74	15+343.718	15+346.575	50.00	79.09	63.00
80	15+763.594	15+768.377	-75.00	96.73	96.00
89	16+391.554	16+417.595	125.00	123.08	89.00
102	17+517.278	17+551.135	26.00	57.08	50.00
104	17+730.238	17+736.402	-50.00	80.49	61.00
108	17+997.522	18+015.532	-75.00	95.98	62.00
109	18+052.222	18+087.912	24.00	55.42	50.00
112	18+285.135	18+292.022	100.00	112.27	105.00
116	18+661.626	18+689.675	-100.00	111.86	110.00
120	19+120.992	19+153.091	1670.46	219.99	210.00
122	19+323.564	19+356.636	60.00	86.76	61.00
125	19+720.355	19+728.220	-75.00	96.22	69.00
126	19+776.992	19+840.526	32.80	64.24	49.00
127	19+916.620	19+921.404	50.00	78.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	-41.52	67.81	40.00

Tabla 91: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 32 curvas que no cumplen con la verificación, 16 curvas son a izquierda, lo que representa un 50%. El resto, 16 curvas a derecha, representa un 50%. A modo global, se tiene que 16 curvas de 64 no cumplen la verificación, un 25% de las curvas a izquierda, y 16 curvas de 64 a derecha, lo que supone un 25%.

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+000.000	0+031.191	163.29	143.72	90.00

4	0+140.156	0+152.545	250.00	187.82	142.00
12	0+601.505	0+617.389	-100.00	109.63	81.00
14	0+683.202	0+694.069	55.00	76.45	52.00
30	1+313.866	1+339.620	-150.00	136.82	81.00
34	1+471.970	1+513.424	-245.68	183.52	101.00
38	1+677.789	1+684.228	45.00	72.59	45.00
43	1+851.579	1+855.535	30.00	60.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	-15.00	42.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	35.00	61.20	41.00
49	2+078.572	2+110.924	22.00	51.97	44.00
55	2+541.717	2+586.405	-120.00	119.84	43.00
56	2+606.405	2+637.237	24.00	50.99	41.00
63	3+023.393	3+043.695	115.00	115.87	62.00
66	3+155.505	3+177.133	-32.00	59.42	41.00
68	3+226.544	3+291.706	99.47	107.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	96.66	106.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	-30.20	60.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	35.00	63.37	61.00
82	3+907.941	3+921.882	150.00	137.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	-100.00	110.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	29.45	57.47	40.00

Tabla 92: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 22 curvas que no cumplen con la verificación, 8 curvas son a izquierda, lo que representa un 36.36%. El resto, 14 curvas a derecha, representa un 63.64%. A modo global, se tiene que 8 curvas de 40 no cumplen la verificación, un 20% de las curvas a izquierda, y 14 curvas de 44 a derecha, lo que supone un 31.82%.

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+000.000	0+031.191	163.29	144.72	90.00
4	0+140.156	0+152.545	250.00	188.82	142.00
11	0+579.763	0+589.567	134.02	130.56	130.00
12	0+601.505	0+617.389	-100.00	110.63	81.00
14	0+683.202	0+694.069	55.00	77.45	52.00
30	1+313.866	1+339.620	-150.00	137.82	81.00
34	1+471.970	1+513.424	-245.68	184.52	101.00
38	1+677.789	1+684.228	45.00	73.59	45.00
40	1+758.456	1+768.385	-15.00	43.48	43.00
43	1+851.579	1+855.535	30.00	61.01	50.00

44	1+865.536	1+891.316	-15.00	43.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	35.00	62.20	41.00
49	2+078.572	2+110.924	22.00	52.97	44.00
55	2+541.717	2+586.405	-120.00	120.84	43.00
56	2+606.405	2+637.237	24.00	51.99	41.00
63	3+023.393	3+043.695	115.00	116.87	62.00
66	3+155.505	3+177.133	-32.00	60.42	41.00
68	3+226.544	3+291.706	99.47	108.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	96.66	107.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	-30.20	61.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	35.00	64.37	61.00
82	3+907.941	3+921.882	150.00	138.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	-100.00	111.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	29.45	58.47	40.00

Tabla 93: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 24 curvas que no cumplen con la verificación, 9 curvas son a izquierda, lo que representa un 37.5%. El resto, 15 curvas a derecha, representa un 62.5%. A modo global, se tiene que 9 curvas de 40 no cumplen la verificación, un 22.5% de las curvas a izquierda, y 15 curvas de 44 a derecha, lo que supone un 34.09%.

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+000.000	0+031.191	163.29	145.72	90.00
4	0+140.156	0+152.545	250.00	189.82	142.00
11	0+579.763	0+589.567	134.02	131.56	130.00
12	0+601.505	0+617.389	-100.00	111.63	81.00
14	0+683.202	0+694.069	55.00	78.45	52.00
30	1+313.866	1+339.620	-150.00	138.82	81.00
34	1+471.970	1+513.424	-245.68	185.52	101.00
38	1+677.789	1+684.228	45.00	74.59	45.00
40	1+758.456	1+768.385	-15.00	44.48	43.00
43	1+851.579	1+855.535	30.00	62.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	-15.00	44.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	35.00	63.20	41.00
49	2+078.572	2+110.924	22.00	53.97	44.00
55	2+541.717	2+586.405	-120.00	121.84	43.00
56	2+606.405	2+637.237	24.00	52.99	41.00
63	3+023.393	3+043.695	115.00	117.87	62.00
66	3+155.505	3+177.133	-32.00	61.42	41.00

68	3+226.544	3+291.706	99.47	109.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	96.66	108.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	-30.20	62.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	35.00	65.37	61.00
82	3+907.941	3+921.882	150.00	139.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	-100.00	112.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	29.45	59.47	40.00

Tabla 94: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 24 curvas que no cumplen con la verificación, 9 curvas son a izquierda, lo que representa un 37.5%. El resto, 15 curvas a derecha, representa un 62.5%. A modo global, se tiene que 9 curvas de 40 no cumplen la verificación, un 22.5% de las curvas a izquierda, y 15 curvas de 44 a derecha, lo que supone un 34.09%.

6.5. Caso C: el ciclista se encuentra en el eje de la calzada

Finalmente, se encuentra el caso C, en el que se tiene la variación de la posición del ciclista circulando sobre el eje de la calzada. Los resultados y consecuentes análisis que se presentan a continuación siguen el mismo lineamiento que los dos casos anteriores.



Ilustración 80: ciclistas circulando por el centro de la calzada

6.5.1. Comparación mediante la determinación de ubicaciones en las que no se verifica la distancia de parada alcance

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 2 metros

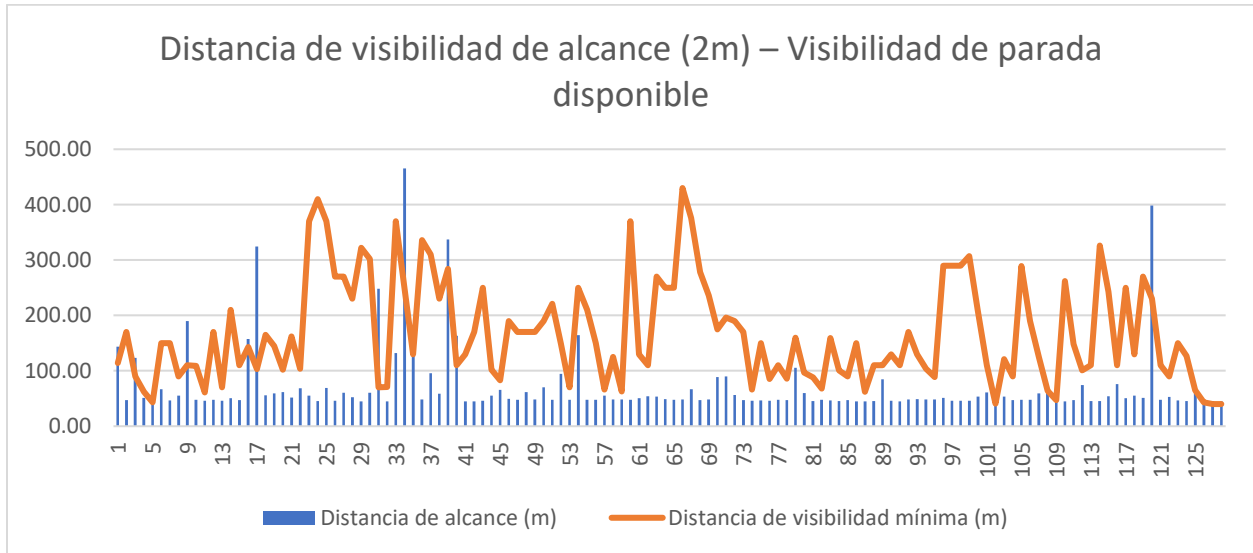


Ilustración 81: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

En el tramo 1, utilizando la norma española, y con una distancia de seguridad de 2 metros, se tiene que un total de 15 curvas no cumplen con la verificación $DV > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 11.72% del total de las 128 curvas analizadas. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	143.63	114.00
3	9+842.253	9+889.982	123.26	90.00
5	9+937.020	9+943.762	45.83	43.00
9	10+131.635	10+184.466	189.55	110.00
16	10+697.212	10+715.437	157.34	143.00
17	10+738.724	10+806.699	324.45	103.00
31	12+079.358	12+088.791	248.08	70.00
34	12+255.783	12+363.371	465.41	250.00
39	12+812.671	12+940.040	337.35	284.00
40	13+192.098	13+198.449	163.31	110.00
102	17+517.278	17+551.135	48.60	41.00
120	19+120.992	19+153.091	398.14	230.00
126	19+776.992	19+840.526	47.56	43.00
127	19+916.620	19+921.404	45.54	40.00

128	19+939.404	19+971.329	44.86	40.00
-----	------------	------------	-------	-------

Tabla 95: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 3 metros

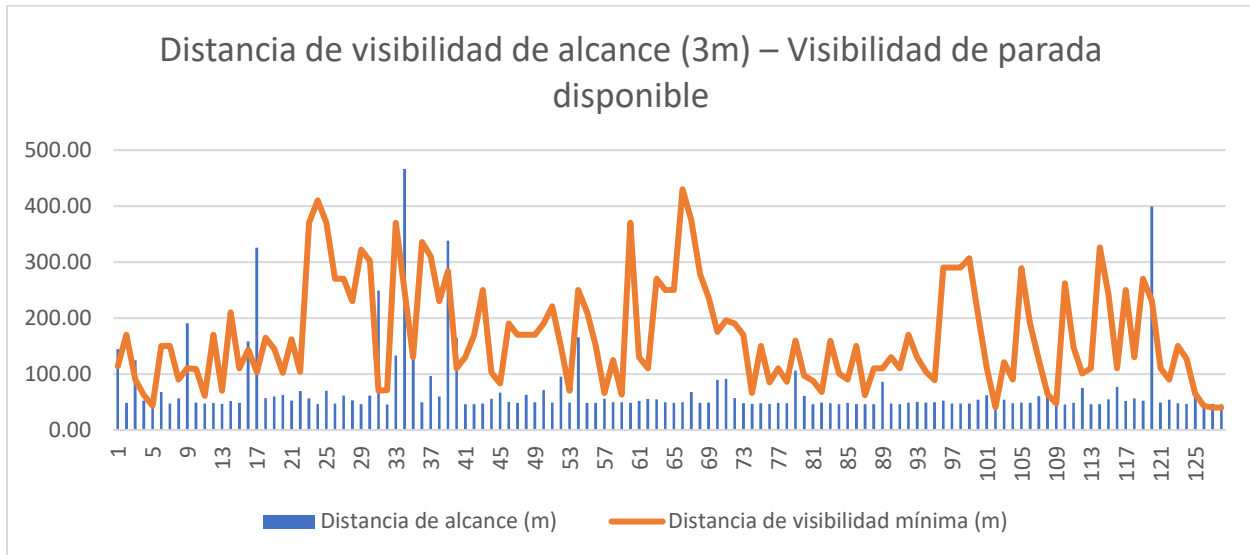


Ilustración 82: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

En el tramo 1, utilizando la norma española, y con una distancia de seguridad de 3 metros, se tiene que un total de 16 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 12.5% del total de las 128 curvas analizadas.

Cabe destacar que el aumento de 1 metro en relación con el análisis anterior para la distancia de seguridad produce un aumento en el porcentaje de curvas que no cumplen con la verificación. Específicamente, la curva #109, con un déficit de 0.38 metros.

A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	144.63	114.00
3	9+842.253	9+889.982	124.26	90.00
5	9+937.020	9+943.762	46.83	43.00
9	10+131.635	10+184.466	190.55	110.00
16	10+697.212	10+715.437	158.34	143.00
17	10+738.724	10+806.699	325.45	103.00
31	12+079.358	12+088.791	249.08	70.00
34	12+255.783	12+363.371	466.41	250.00
39	12+812.671	12+940.040	338.35	284.00
40	13+192.098	13+198.449	164.31	110.00

102	17+517.278	17+551.135	49.60	41.00
109	18+052.222	18+087.912	47.38	47.00
120	19+120.992	19+153.091	399.14	230.00
126	19+776.992	19+840.526	48.56	43.00
127	19+916.620	19+921.404	46.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	45.86	40.00

Tabla 96: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 4 metros

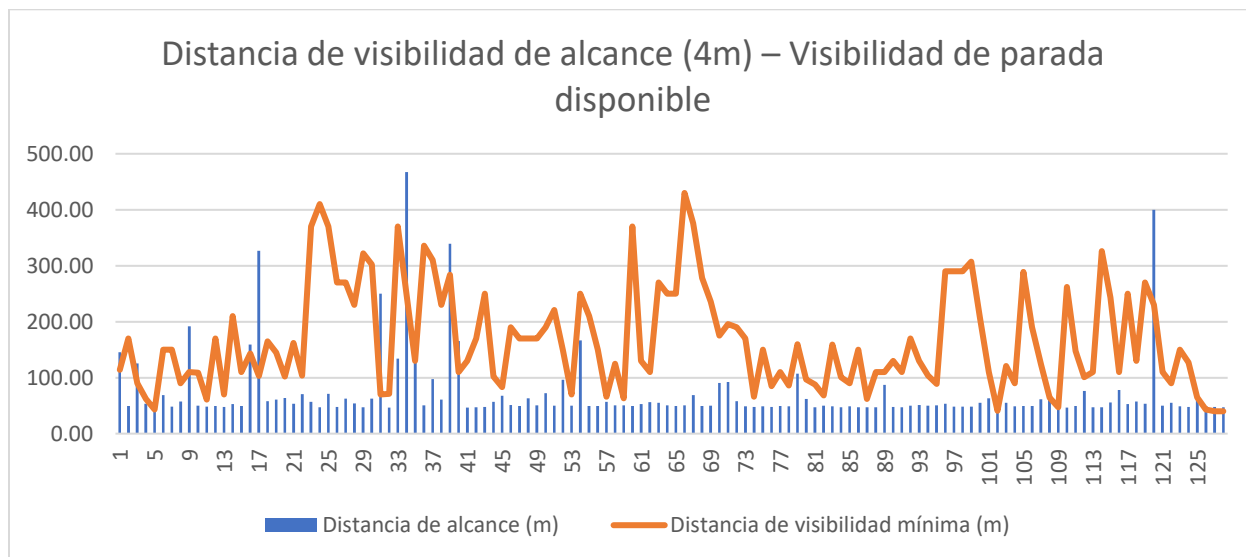


Ilustración 83: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

En el tramo 1, utilizando la norma española, y con una distancia de seguridad de 4 metros, se tiene que un total de 17 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 13.28% del total de las 128 curvas analizadas.

Cabe destacar que el aumento de 1 metro en relación con el análisis anterior para la distancia de seguridad produce un aumento en el porcentaje de curvas que no cumplen con la verificación. Específicamente, la curva #35, con un déficit de 0.93 metros.

A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	145.63	114.00
3	9+842.253	9+889.982	125.26	90.00
5	9+937.020	9+943.762	47.83	43.00
9	10+131.635	10+184.466	191.55	110.00
16	10+697.212	10+715.437	159.34	143.00

17	10+738.724	10+806.699	326.45	103.00
31	12+079.358	12+088.791	250.08	70.00
34	12+255.783	12+363.371	467.41	250.00
35	12+445.590	12+478.001	130.93	130.00
39	12+812.671	12+940.040	339.35	284.00
40	13+192.098	13+198.449	165.31	110.00
102	17+517.278	17+551.135	50.60	41.00
109	18+052.222	18+087.912	48.38	47.00
120	19+120.992	19+153.091	400.14	230.00
126	19+776.992	19+840.526	49.56	43.00
127	19+916.620	19+921.404	47.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	46.86	40.00

Tabla 97: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 2 metros

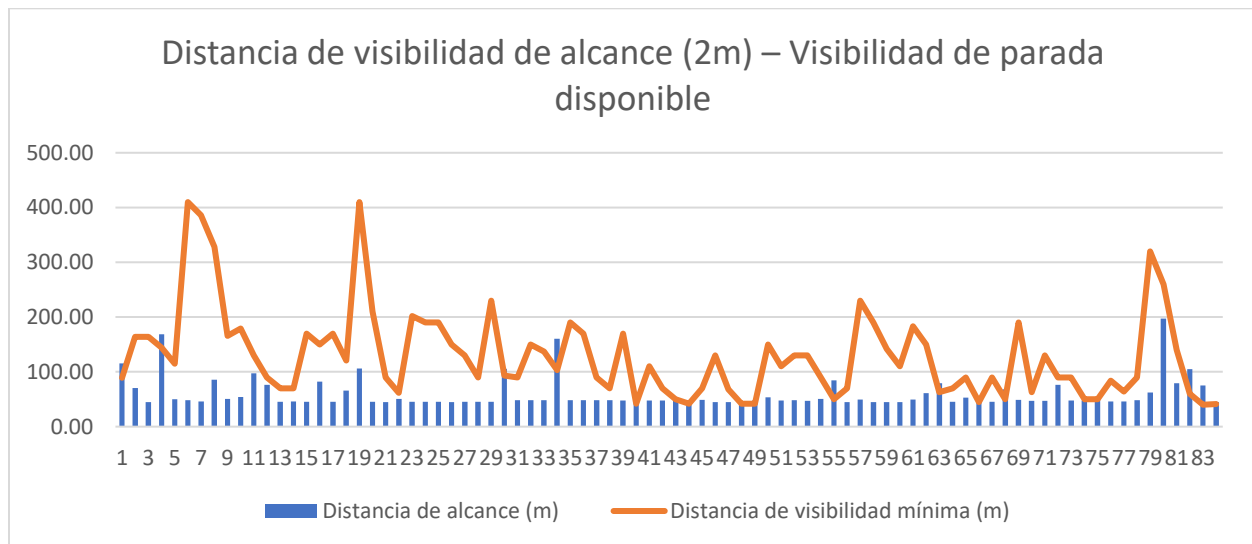


Ilustración 84: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

En el tramo 2, utilizando la norma española, y con una distancia de seguridad de 2 metros, se tiene que un total de 15 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 17.86% del total de las 84 curvas analizadas. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	115.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	168.83	144.00
30	1+313.866	1+339.620	105.71	93.00

34	1+471.970	1+513.424	160.31	103.00
40	1+758.456	1+768.385	47.90	42.00
44	1+865.536	1+891.316	47.90	42.00
48	2+048.022	2+061.012	44.85	42.00
49	2+078.572	2+110.924	47.82	42.00
55	2+541.717	2+586.405	84.30	50.00
63	3+023.393	3+043.695	79.41	63.00
66	3+155.505	3+177.133	45.32	45.00
68	3+226.544	3+291.706	68.35	50.00
82	3+907.941	3+921.882	105.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	75.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	45.04	41.00

Tabla 98: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 3 metros

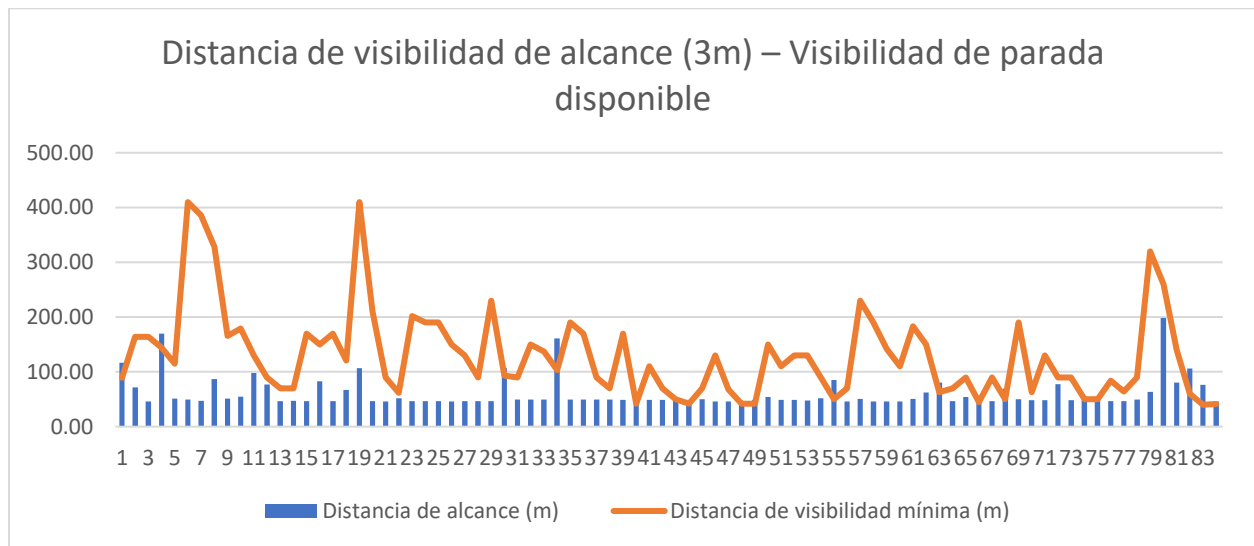


Ilustración 85: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

En el tramo 2, utilizando la norma española, y con una distancia de seguridad de 3 metros, se tiene que un total de 15 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 17.86% del total de las 84 curvas analizadas.

Cabe destacar que el aumento de 1 metro en relación con el análisis anterior para la distancia de seguridad no produce un aumento en el porcentaje de curvas que no cumplen con la verificación. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	116.48	89.00

4	0+140.156	0+152.545	169.83	144.00
30	1+313.866	1+339.620	106.71	93.00
34	1+471.970	1+513.424	161.31	103.00
40	1+758.456	1+768.385	48.90	42.00
44	1+865.536	1+891.316	48.90	42.00
48	2+048.022	2+061.012	45.85	42.00
49	2+078.572	2+110.924	48.82	42.00
55	2+541.717	2+586.405	85.30	50.00
63	3+023.393	3+043.695	80.41	63.00
66	3+155.505	3+177.133	46.32	45.00
68	3+226.544	3+291.706	69.35	50.00
82	3+907.941	3+921.882	106.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	76.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	46.04	41.00

Tabla 99: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 4 metros

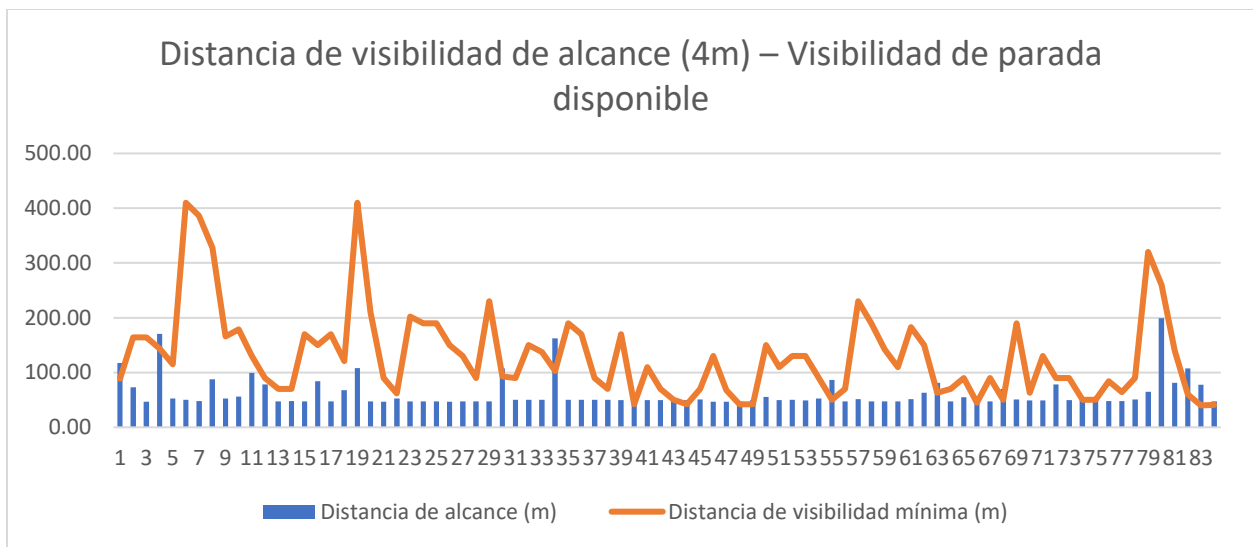


Ilustración 86: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

En el tramo 2, utilizando la norma española, y con una distancia de seguridad de 4 metros, se tiene que un total de 16 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 19.05% del total de las 84 curvas analizadas.

Cabe destacar que el aumento de 1 metro en relación con el análisis anterior para la distancia de seguridad produce un aumento en el porcentaje de curvas que no cumplen con la verificación. Específicamente, en la curva #75 con un déficit de 0.57 metros.

A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	117.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	170.83	144.00
30	1+313.866	1+339.620	107.71	93.00
34	1+471.970	1+513.424	162.31	103.00
40	1+758.456	1+768.385	49.90	42.00
44	1+865.536	1+891.316	49.90	42.00
48	2+048.022	2+061.012	46.85	42.00
49	2+078.572	2+110.924	49.82	42.00
55	2+541.717	2+586.405	86.30	50.00
63	3+023.393	3+043.695	81.41	63.00
66	3+155.505	3+177.133	47.32	45.00
68	3+226.544	3+291.706	70.35	50.00
75	3+468.229	3+494.798	50.27	50.00
82	3+907.941	3+921.882	107.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	77.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	47.04	41.00

Tabla 100: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 2 metros

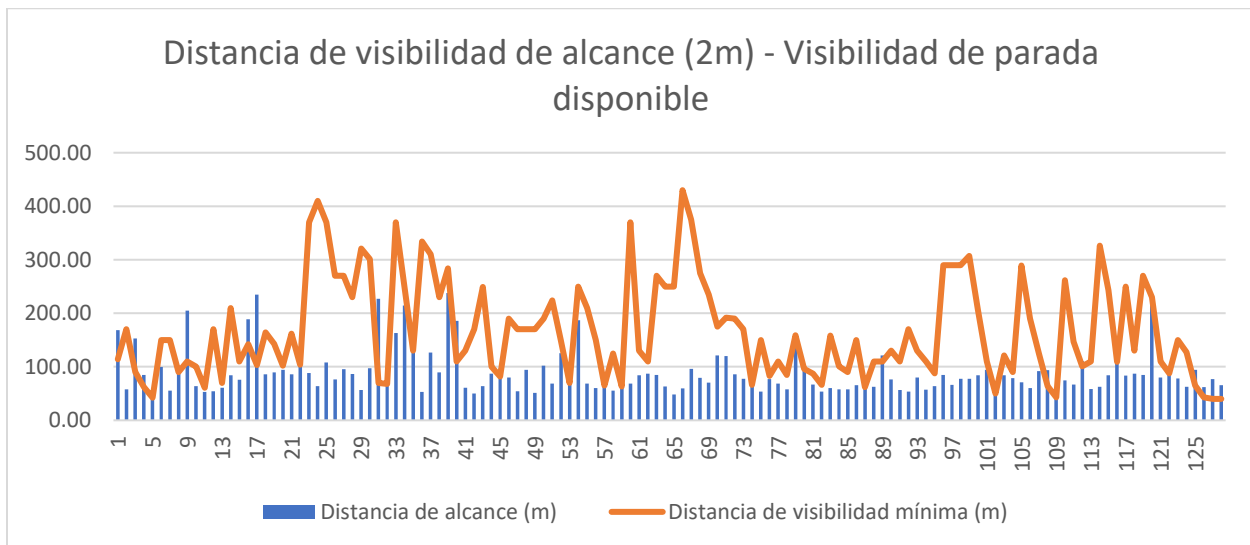


Ilustración 87: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m)

En el tramo 1, utilizando la norma AASHTO, y con una distancia de seguridad de 2 metros, se tiene que un total de 26 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 20.31% del total de las 128 curvas analizadas. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	168.69	114.00
3	9+842.253	9+889.982	152.74	90.00
4	9+903.593	9+916.604	84.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	50.66	42.00
9	10+131.635	10+184.466	205.09	110.00
16	10+697.212	10+715.437	188.96	142.00
17	10+738.724	10+806.699	234.56	103.00
22	11+105.112	11+127.492	107.32	104.00
31	12+079.358	12+088.791	227.04	70.00
35	12+445.590	12+478.001	158.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	186.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	97.06	82.00
53	14+003.800	14+012.726	77.25	70.00
57	14+139.981	14+177.396	89.45	65.00
59	14+286.221	14+299.989	72.05	63.00
74	15+343.718	15+346.575	77.09	66.00
89	16+391.554	16+417.595	121.08	110.00
102	17+517.278	17+551.135	55.08	50.00
108	17+997.522	18+015.532	93.98	64.00
109	18+052.222	18+087.912	53.42	43.00
112	18+285.135	18+292.022	110.27	101.00
116	18+661.626	18+689.675	109.86	109.00
125	19+720.355	19+728.220	94.22	65.00
126	19+776.992	19+840.526	62.24	43.00
127	19+916.620	19+921.404	76.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	65.81	40.00

Tabla 101: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m)

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 3 metros

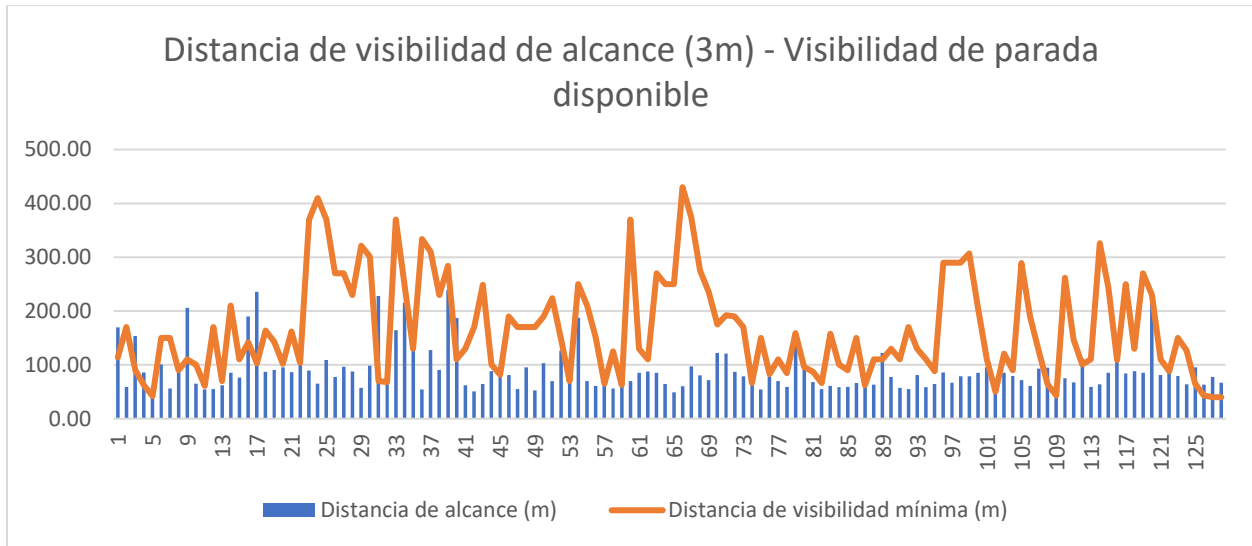


Ilustración 88: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m)

En el tramo 1, utilizando la norma AASHTO, y con una distancia de seguridad de 3 metros, se tiene que un total de 27 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 21.09% del total de las 128 curvas analizadas.

Cabe destacar que el aumento de 1 metro en relación con el análisis anterior para la distancia de seguridad produce un aumento en el porcentaje de curvas que no cumplen con la verificación. Específicamente, en la curva #32 con un déficit de 0.32 metros.

A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	169.69	114.00
3	9+842.253	9+889.982	153.74	90.00
4	9+903.593	9+916.604	85.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	51.66	42.00
9	10+131.635	10+184.466	206.09	110.00
16	10+697.212	10+715.437	189.96	142.00
17	10+738.724	10+806.699	235.56	103.00
22	11+105.112	11+127.492	108.32	104.00
31	12+079.358	12+088.791	228.04	70.00
32	12+107.649	12+139.162	68.32	68.00
35	12+445.590	12+478.001	159.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	187.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	98.06	82.00

53	14+003.800	14+012.726	78.25	70.00
57	14+139.981	14+177.396	90.45	65.00
59	14+286.221	14+299.989	73.05	63.00
74	15+343.718	15+346.575	78.09	66.00
89	16+391.554	16+417.595	122.08	110.00
102	17+517.278	17+551.135	56.08	50.00
108	17+997.522	18+015.532	94.98	64.00
109	18+052.222	18+087.912	54.42	43.00
112	18+285.135	18+292.022	111.27	101.00
116	18+661.626	18+689.675	110.86	109.00
125	19+720.355	19+728.220	95.22	65.00
126	19+776.992	19+840.526	63.24	43.00
127	19+916.620	19+921.404	77.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	66.81	40.00

Tabla 102: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m)

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 4 metros

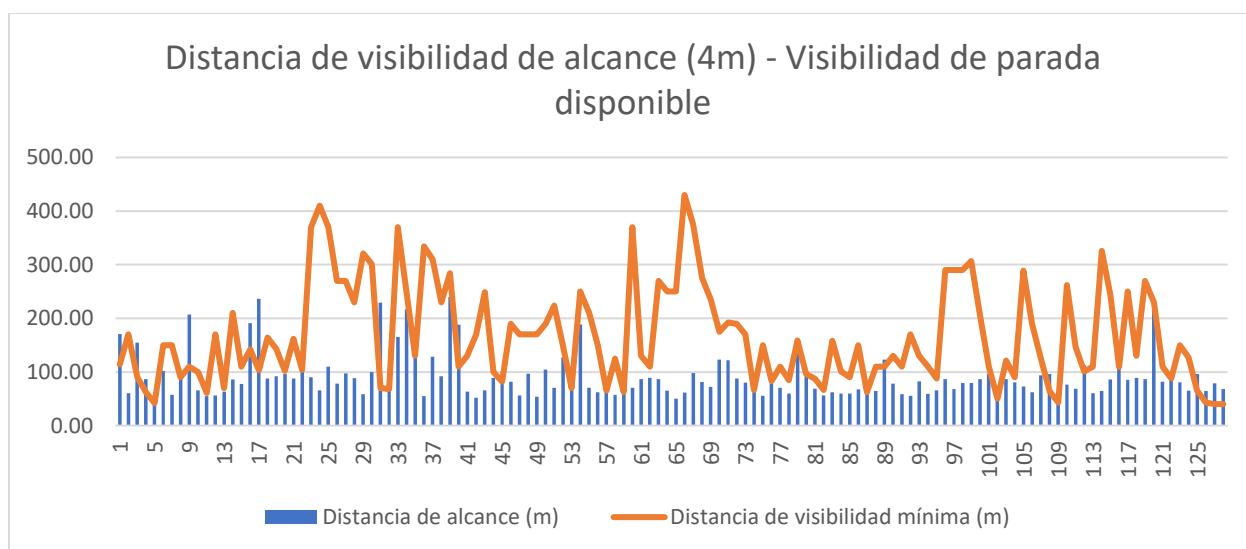


Ilustración 89: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m)

En el tramo 1, utilizando la norma AASHTO, y con una distancia de seguridad de 4 metros, se tiene que un total de 29 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 22.66% del total de las 128 curvas analizadas.

Cabe destacar que el aumento de 1 metro en relación con el análisis anterior para la distancia de seguridad produce un aumento en el porcentaje de curvas que no cumplen con la verificación. Específicamente, en las curvas #80 y #87 con déficits de 0.73 metros y 0.93 respectivamente.

A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	170.69	114.00
3	9+842.253	9+889.982	154.74	90.00
4	9+903.593	9+916.604	86.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	52.66	42.00
9	10+131.635	10+184.466	207.09	110.00
16	10+697.212	10+715.437	190.96	142.00
17	10+738.724	10+806.699	236.56	103.00
22	11+105.112	11+127.492	109.32	104.00
31	12+079.358	12+088.791	229.04	70.00
32	12+107.649	12+139.162	69.32	68.00
35	12+445.590	12+478.001	160.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	188.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	99.06	82.00
53	14+003.800	14+012.726	79.25	70.00
57	14+139.981	14+177.396	91.45	65.00
59	14+286.221	14+299.989	74.05	63.00
74	15+343.718	15+346.575	79.09	66.00
80	15+763.594	15+768.377	96.73	96.00
87	16+255.705	16+271.917	62.93	62.00
89	16+391.554	16+417.595	123.08	110.00
102	17+517.278	17+551.135	57.08	50.00
108	17+997.522	18+015.532	95.98	64.00
109	18+052.222	18+087.912	55.42	43.00
112	18+285.135	18+292.022	112.27	101.00
116	18+661.626	18+689.675	111.86	109.00
125	19+720.355	19+728.220	96.22	65.00
126	19+776.992	19+840.526	64.24	43.00
127	19+916.620	19+921.404	78.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	67.81	40.00

Tabla 103: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m)

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 2 metros

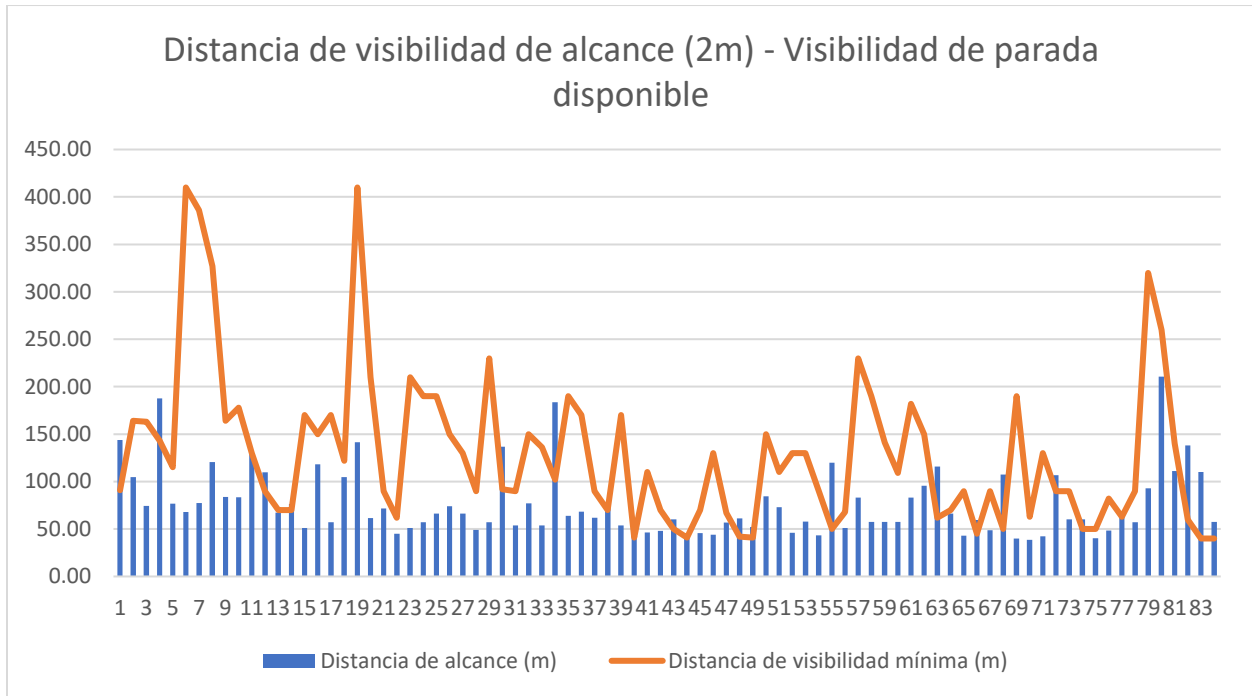


Ilustración 90: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m)

En el tramo 2, utilizando la norma AASHTO, y con una distancia de seguridad de 2 metros, se tiene que un total de 22 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 26.19% del total de las 84 curvas analizadas. A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+000.000	0+031.191	143.72	91.00
4	0+140.156	0+152.545	187.82	143.00
12	0+601.505	0+617.389	109.63	90.00
14	0+683.202	0+694.069	76.45	70.00
30	1+313.866	1+339.620	136.82	92.00
34	1+471.970	1+513.424	183.52	102.00
38	1+677.789	1+684.228	72.59	70.00
40	1+758.456	1+768.385	42.48	41.00
43	1+851.579	1+855.535	60.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	42.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	61.20	42.00
49	2+078.572	2+110.924	51.97	41.00
55	2+541.717	2+586.405	119.84	50.00

63	3+023.393	3+043.695	115.87	62.00
66	3+155.505	3+177.133	59.42	45.00
68	3+226.544	3+291.706	107.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	106.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	60.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	63.37	63.00
82	3+907.941	3+921.882	137.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	110.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	57.47	40.00

Tabla 104: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m)

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 3 metros

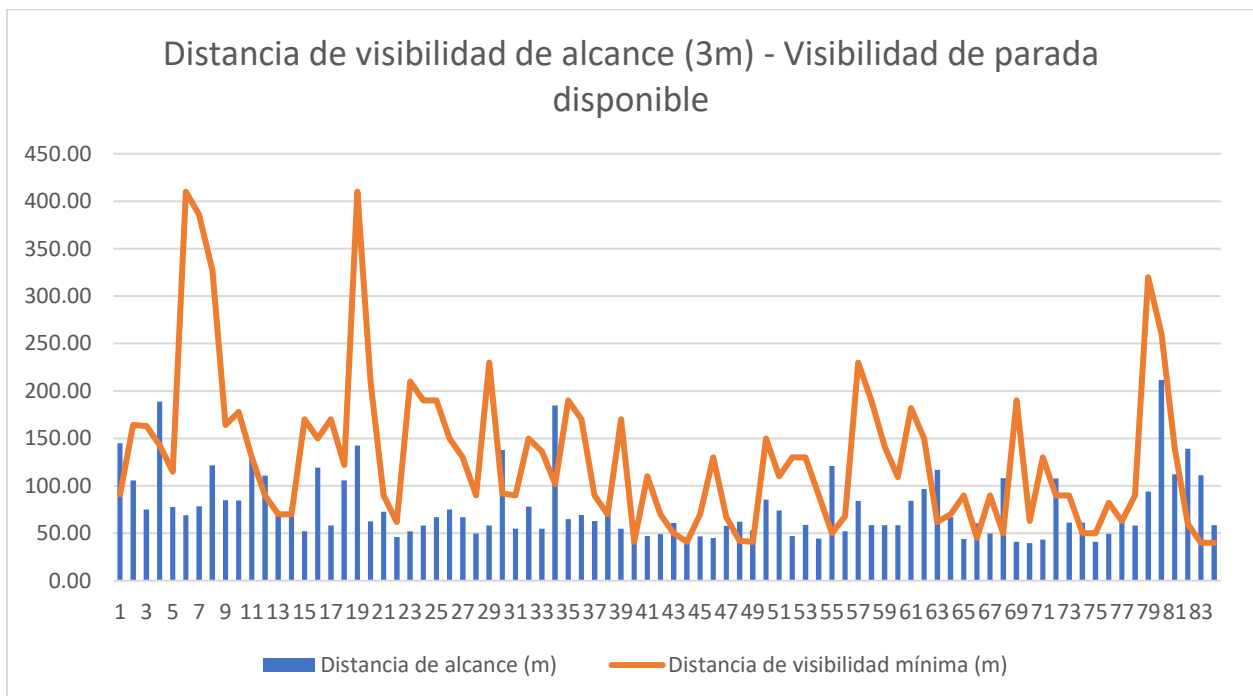


Ilustración 91: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m)

En el tramo 2, utilizando la norma AASHTO, y con una distancia de seguridad de 3 metros, se tiene que un total de 23 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 27.38% del total de las 84 curvas analizadas.

Cabe destacar que el aumento de 1 metro en relación con el análisis anterior para la distancia de seguridad produce un aumento en el porcentaje de curvas que no cumplen con la verificación. Específicamente, en la curva #11 con déficit de 0.56 metros.

A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+000.000	0+031.191	144.72	91.00
4	0+140.156	0+152.545	188.82	143.00
11	0+579.763	0+589.567	130.56	130.00
12	0+601.505	0+617.389	110.63	90.00
14	0+683.202	0+694.069	77.45	70.00
30	1+313.866	1+339.620	137.82	92.00
34	1+471.970	1+513.424	184.52	102.00
38	1+677.789	1+684.228	73.59	70.00
40	1+758.456	1+768.385	43.48	41.00
43	1+851.579	1+855.535	61.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	43.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	62.20	42.00
49	2+078.572	2+110.924	52.97	41.00
55	2+541.717	2+586.405	120.84	50.00
63	3+023.393	3+043.695	116.87	62.00
66	3+155.505	3+177.133	60.42	45.00
68	3+226.544	3+291.706	108.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	107.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	61.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	64.37	63.00
82	3+907.941	3+921.882	138.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	111.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	58.47	40.00

Tabla 105: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m)

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 4 metros

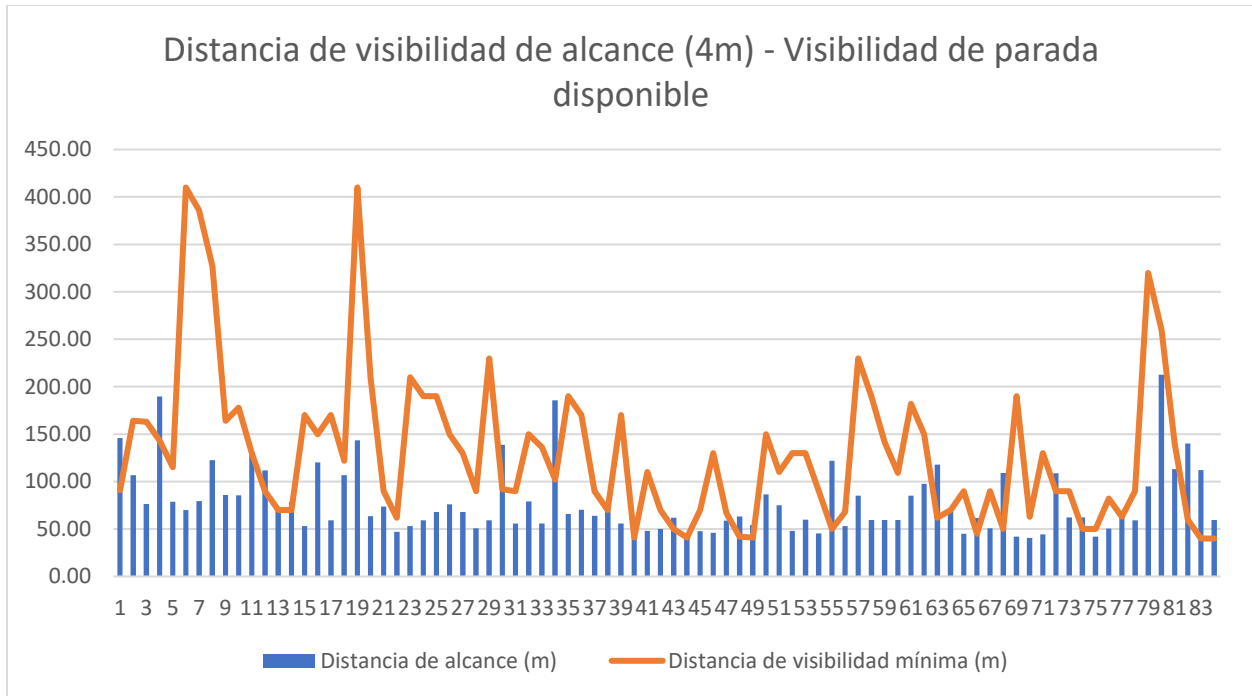


Ilustración 92: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m)

En el tramo 2, utilizando la norma AASHTO, y con una distancia de seguridad de 4 metros, se tiene que un total de 23 curvas no cumplen con la verificación $VPD > DVA$ (distancia de visibilidad de alcance), lo que corresponde a un 27.38% del total de las 84 curvas analizadas.

Cabe destacar que el aumento de 1 metro en relación con el análisis anterior para la distancia de seguridad no produce un aumento en el porcentaje de curvas que no cumplen con la verificación.

A continuación, se presenta una tabla detallada con las curvas donde no se cumple la verificación:

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+000.000	0+031.191	145.72	91.00
4	0+140.156	0+152.545	189.82	143.00
11	0+579.763	0+589.567	131.56	130.00
12	0+601.505	0+617.389	111.63	90.00
14	0+683.202	0+694.069	78.45	70.00
30	1+313.866	1+339.620	138.82	92.00
34	1+471.970	1+513.424	185.52	102.00
38	1+677.789	1+684.228	74.59	70.00
40	1+758.456	1+768.385	44.48	41.00
43	1+851.579	1+855.535	62.01	50.00

44	1+865.536	1+891.316	44.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	63.20	42.00
49	2+078.572	2+110.924	53.97	41.00
55	2+541.717	2+586.405	121.84	50.00
63	3+023.393	3+043.695	117.87	62.00
66	3+155.505	3+177.133	61.42	45.00
68	3+226.544	3+291.706	109.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	108.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	62.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	65.37	63.00
82	3+907.941	3+921.882	139.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	112.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	59.47	40.00

Tabla 106: distancia de visibilidad de alcance-visibilidad (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m)

6.5.2. Análisis de las distancias de alcance según velocidades de operación en curvas

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	73.00	22.34	50.66	143.63	114.00
3	9+842.253	9+889.982	68.00	18.25	49.75	123.26	90.00
5	9+937.020	9+943.762	40.00	24.71	15.29	45.83	43.00
9	10+131.635	10+184.466	82.00	22.51	59.49	189.55	110.00
16	10+697.212	10+715.437	78.00	12.74	65.26	157.34	143.00
17	10+738.724	10+806.699	100.00	12.74	87.26	324.45	103.00
31	12+079.358	12+088.791	90.00	30.98	59.02	248.08	70.00
34	12+255.783	12+363.371	100.00	31.51	68.49	465.41	250.00
39	12+812.671	12+940.040	100.00	27.76	72.24	337.35	284.00
40	13+192.098	13+198.449	78.00	13.64	64.36	163.31	110.00
102	17+517.278	17+551.135	40.00	13.18	26.82	48.60	41.00
120	19+120.992	19+153.091	100.00	24.55	75.45	398.14	230.00
126	19+776.992	19+840.526	40.00	18.19	21.81	47.56	43.00
127	19+916.620	19+921.404	40.00	25.93	14.07	45.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	40.00	29.59	10.41	44.86	40.00

Tabla 107: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

Los valores máximo y mínimo de diferencia de velocidad son 87.26 km/h y 8.88 km/h respectivamente. El valor promedio es de 26.04 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 11 sobre 15 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 73.33% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la

verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	73.00	22.34	50.66	144.63	114.00
3	9+842.253	9+889.982	68.00	18.25	49.75	124.26	90.00
5	9+937.020	9+943.762	40.00	24.71	15.29	46.83	43.00
9	10+131.635	10+184.466	82.00	22.51	59.49	190.55	110.00
16	10+697.212	10+715.437	78.00	12.74	65.26	158.34	143.00
17	10+738.724	10+806.699	100.00	12.74	87.26	325.45	103.00
31	12+079.358	12+088.791	90.00	30.98	59.02	249.08	70.00
34	12+255.783	12+363.371	100.00	31.51	68.49	466.41	250.00
39	12+812.671	12+940.040	100.00	27.76	72.24	338.35	284.00
40	13+192.098	13+198.449	78.00	13.64	64.36	164.31	110.00
102	17+517.278	17+551.135	40.00	13.18	26.82	49.60	41.00
109	18+052.222	18+087.912	40.00	22.59	17.41	47.38	47.00
120	19+120.992	19+153.091	100.00	24.55	75.45	399.14	230.00
126	19+776.992	19+840.526	40.00	18.19	21.81	48.56	43.00
127	19+916.620	19+921.404	40.00	25.93	14.07	46.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	40.00	29.59	10.41	45.86	40.00

Tabla 108: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

El valor promedio es de 26.04 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 11 sobre 16 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 68.75% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	73.00	22.34	50.66	145.63	114.00
3	9+842.253	9+889.982	68.00	18.25	49.75	125.26	90.00
5	9+937.020	9+943.762	40.00	24.71	15.29	47.83	43.00
9	10+131.635	10+184.466	82.00	22.51	59.49	191.55	110.00
16	10+697.212	10+715.437	78.00	12.74	65.26	159.34	143.00
17	10+738.724	10+806.699	100.00	12.74	87.26	326.45	103.00
31	12+079.358	12+088.791	90.00	30.98	59.02	250.08	70.00
34	12+255.783	12+363.371	100.00	31.51	68.49	467.41	250.00
35	12+445.590	12+478.001	70.00	27.64	42.36	130.93	130.00

39	12+812.671	12+940.040	100.00	27.76	72.24	339.35	284.00
40	13+192.098	13+198.449	78.00	13.64	64.36	165.31	110.00
102	17+517.278	17+551.135	40.00	13.18	26.82	50.60	41.00
109	18+052.222	18+087.912	40.00	22.59	17.41	48.38	47.00
120	19+120.992	19+153.091	100.00	24.55	75.45	400.14	230.00
126	19+776.992	19+840.526	40.00	18.19	21.81	49.56	43.00
127	19+916.620	19+921.404	40.00	25.93	14.07	47.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	40.00	29.59	10.41	46.86	40.00

Tabla 109: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

El valor promedio es de 26.04 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 12 sobre 17 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 70.59% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	66.00	18.25	47.75	115.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	78.00	25.22	52.78	168.83	144.00
30	1+313.866	1+339.620	63.00	15.31	47.69	105.71	93.00
34	1+471.970	1+513.424	77.00	15.31	61.69	160.31	103.00
40	1+758.456	1+768.385	40.00	16.82	23.18	47.90	42.00
44	1+865.536	1+891.316	40.00	16.82	23.18	47.90	42.00
48	2+048.022	2+061.012	40.00	29.67	10.33	44.85	42.00
49	2+078.572	2+110.924	40.00	17.13	22.87	47.82	42.00
55	2+541.717	2+586.405	58.00	28.37	29.63	84.30	50.00
63	3+023.393	3+043.695	57.00	31.04	25.96	79.41	63.00
66	3+155.505	3+177.133	40.00	28.37	11.63	45.32	45.00
68	3+226.544	3+291.706	53.00	31.78	21.22	68.35	50.00
82	3+907.941	3+921.882	63.00	19.07	43.93	105.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	53.00	19.07	33.93	75.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	40.00	28.39	11.61	45.04	41.00

Tabla 110: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

Para el tramo 2, los valores máximo y mínimo de diferencia de velocidad son 70.15 km/h y 8.34 km/h respectivamente. El valor promedio es de 22.72 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 11 sobre 15 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 73.33% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	66.00	18.25	47.75	116.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	78.00	25.22	52.78	169.83	144.00
30	1+313.866	1+339.620	63.00	15.31	47.69	106.71	93.00
34	1+471.970	1+513.424	77.00	15.31	61.69	161.31	103.00
40	1+758.456	1+768.385	40.00	16.82	23.18	48.90	42.00
44	1+865.536	1+891.316	40.00	16.82	23.18	48.90	42.00
48	2+048.022	2+061.012	40.00	29.67	10.33	45.85	42.00
49	2+078.572	2+110.924	40.00	17.13	22.87	48.82	42.00
55	2+541.717	2+586.405	58.00	28.37	29.63	85.30	50.00
63	3+023.393	3+043.695	57.00	31.04	25.96	80.41	63.00
66	3+155.505	3+177.133	40.00	28.37	11.63	46.32	45.00
68	3+226.544	3+291.706	53.00	31.78	21.22	69.35	50.00
82	3+907.941	3+921.882	63.00	19.07	43.93	106.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	53.00	19.07	33.93	76.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	40.00	28.39	11.61	46.04	41.00

Tabla 111: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

El valor promedio es de 22.72 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 11 sobre 15 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 73.33% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	66.00	18.25	47.75	117.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	78.00	25.22	52.78	170.83	144.00
30	1+313.866	1+339.620	63.00	15.31	47.69	107.71	93.00
34	1+471.970	1+513.424	77.00	15.31	61.69	162.31	103.00
40	1+758.456	1+768.385	40.00	16.82	23.18	49.90	42.00
44	1+865.536	1+891.316	40.00	16.82	23.18	49.90	42.00
48	2+048.022	2+061.012	40.00	29.67	10.33	46.85	42.00
49	2+078.572	2+110.924	40.00	17.13	22.87	49.82	42.00
55	2+541.717	2+586.405	58.00	28.37	29.63	86.30	50.00
63	3+023.393	3+043.695	57.00	31.04	25.96	81.41	63.00
66	3+155.505	3+177.133	40.00	28.37	11.63	47.32	45.00
68	3+226.544	3+291.706	53.00	31.78	21.22	70.35	50.00
75	3+468.229	3+494.798	40.00	19.77	20.23	50.27	50.00

82	3+907.941	3+921.882	63.00	19.07	43.93	107.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	53.00	19.07	33.93	77.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	40.00	28.39	11.61	47.04	41.00

Tabla 112: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

El valor promedio es de 22.72 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 11 sobre 16 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 68.75% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	77.00	22.34	54.66	168.69	114.00
3	9+842.253	9+889.982	72.00	18.25	53.75	152.74	90.00
4	9+903.593	9+916.604	47.00	23.55	23.45	84.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	32.00	24.71	7.29	50.66	42.00
9	10+131.635	10+184.466	88.00	22.51	65.49	205.09	110.00
16	10+697.212	10+715.437	83.00	12.74	70.26	188.96	142.00
17	10+738.724	10+806.699	100.00	12.74	87.26	234.56	103.00
22	11+105.112	11+127.492	57.00	31.65	25.35	107.32	104.00
31	12+079.358	12+088.791	95.00	30.98	64.02	227.04	70.00
35	12+445.590	12+478.001	74.00	27.64	46.36	158.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	83.00	13.64	69.36	186.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	52.00	18.21	33.79	97.06	82.00
53	14+003.800	14+012.726	44.00	12.74	31.26	77.25	70.00
57	14+139.981	14+177.396	49.00	23.99	25.01	89.45	65.00
59	14+286.221	14+299.989	42.00	12.74	29.26	72.05	63.00
74	15+343.718	15+346.575	44.00	25.05	18.95	77.09	66.00
89	16+391.554	16+417.595	62.00	31.78	30.22	121.08	110.00
102	17+517.278	17+551.135	34.00	13.18	20.82	55.08	50.00
108	17+997.522	18+015.532	51.00	12.74	38.26	93.98	64.00
109	18+052.222	18+087.912	33.00	22.59	10.41	53.42	43.00
112	18+285.135	18+292.022	57.00	22.11	34.89	110.27	101.00
116	18+661.626	18+689.675	57.00	17.75	39.25	109.86	109.00
125	19+720.355	19+728.220	51.00	16.70	34.30	94.22	65.00
126	19+776.992	19+840.526	37.00	18.19	18.81	62.24	43.00
127	19+916.620	19+921.404	44.00	25.93	18.07	76.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	40.00	29.59	10.41	65.81	40.00

Tabla 113: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m)

En la normativa AASHTO, los valores máximo y mínimo de diferencia de velocidad son 87.26 km/h y 3.16 km/h respectivamente. El valor promedio es de 26.81 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 16 sobre 26 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por

encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 61.24% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	77.00	22.34	54.66	169.69	114.00
3	9+842.253	9+889.982	72.00	18.25	53.75	153.74	90.00
4	9+903.593	9+916.604	47.00	23.55	23.45	85.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	32.00	24.71	7.29	51.66	42.00
9	10+131.635	10+184.466	88.00	22.51	65.49	206.09	110.00
16	10+697.212	10+715.437	83.00	12.74	70.26	189.96	142.00
17	10+738.724	10+806.699	100.00	12.74	87.26	235.56	103.00
22	11+105.112	11+127.492	57.00	31.65	25.35	108.32	104.00
31	12+079.358	12+088.791	95.00	30.98	64.02	228.04	70.00
32	12+107.649	12+139.162	41.00	30.98	10.02	68.32	68.00
35	12+445.590	12+478.001	74.00	27.64	46.36	159.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	83.00	13.64	69.36	187.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	52.00	18.21	33.79	98.06	82.00
53	14+003.800	14+012.726	44.00	12.74	31.26	78.25	70.00
57	14+139.981	14+177.396	49.00	23.99	25.01	90.45	65.00
59	14+286.221	14+299.989	42.00	12.74	29.26	73.05	63.00
74	15+343.718	15+346.575	44.00	25.05	18.95	78.09	66.00
89	16+391.554	16+417.595	62.00	31.78	30.22	122.08	110.00
102	17+517.278	17+551.135	34.00	13.18	20.82	56.08	50.00
108	17+997.522	18+015.532	51.00	12.74	38.26	94.98	64.00
109	18+052.222	18+087.912	33.00	22.59	10.41	54.42	43.00
112	18+285.135	18+292.022	57.00	22.11	34.89	111.27	101.00
116	18+661.626	18+689.675	57.00	17.75	39.25	110.86	109.00
125	19+720.355	19+728.220	51.00	16.70	34.30	95.22	65.00
126	19+776.992	19+840.526	37.00	18.19	18.81	63.24	43.00
127	19+916.620	19+921.404	44.00	25.93	18.07	77.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	40.00	29.59	10.41	66.81	40.00

Tabla 114: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m)

El valor promedio es de 26.81 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 16 sobre 27 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 59.26% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	77.00	22.34	54.66	170.69	114.00
3	9+842.253	9+889.982	72.00	18.25	53.75	154.74	90.00
4	9+903.593	9+916.604	47.00	23.55	23.45	86.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	32.00	24.71	7.29	52.66	42.00
9	10+131.635	10+184.466	88.00	22.51	65.49	207.09	110.00
16	10+697.212	10+715.437	83.00	12.74	70.26	190.96	142.00
17	10+738.724	10+806.699	100.00	12.74	87.26	236.56	103.00
22	11+105.112	11+127.492	57.00	31.65	25.35	109.32	104.00
31	12+079.358	12+088.791	95.00	30.98	64.02	229.04	70.00
32	12+107.649	12+139.162	41.00	30.98	10.02	69.32	68.00
35	12+445.590	12+478.001	74.00	27.64	46.36	160.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	83.00	13.64	69.36	188.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	52.00	18.21	33.79	99.06	82.00
53	14+003.800	14+012.726	44.00	12.74	31.26	79.25	70.00
57	14+139.981	14+177.396	49.00	23.99	25.01	91.45	65.00
59	14+286.221	14+299.989	42.00	12.74	29.26	74.05	63.00
74	15+343.718	15+346.575	44.00	25.05	18.95	79.09	66.00
80	15+763.594	15+768.377	51.00	22.00	29.00	96.73	96.00
87	16+255.705	16+271.917	38.00	29.84	8.16	62.93	62.00
89	16+391.554	16+417.595	62.00	31.78	30.22	123.08	110.00
102	17+517.278	17+551.135	34.00	13.18	20.82	57.08	50.00
108	17+997.522	18+015.532	51.00	12.74	38.26	95.98	64.00
109	18+052.222	18+087.912	33.00	22.59	10.41	55.42	43.00
112	18+285.135	18+292.022	57.00	22.11	34.89	112.27	101.00
116	18+661.626	18+689.675	57.00	17.75	39.25	111.86	109.00
125	19+720.355	19+728.220	51.00	16.70	34.30	96.22	65.00
126	19+776.992	19+840.526	37.00	18.19	18.81	64.24	43.00
127	19+916.620	19+921.404	44.00	25.93	18.07	78.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	40.00	29.59	10.41	67.81	40.00

Tabla 115: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 1 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m)

El valor promedio es de 26.81 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 17 sobre 29 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 58.62% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+000.000	0+031.191	69.00	18.25	50.75	143.72	91.00
4	0+140.156	0+152.545	83.00	25.22	57.78	187.82	143.00
12	0+601.505	0+617.389	57.00	16.89	40.11	109.63	90.00
14	0+683.202	0+694.069	45.00	31.66	13.34	76.45	70.00
30	1+313.866	1+339.620	67.00	15.31	51.69	136.82	92.00
34	1+471.970	1+513.424	82.00	15.31	66.69	183.52	102.00
38	1+677.789	1+684.228	42.00	15.31	26.69	72.59	70.00
40	1+758.456	1+768.385	27.00	16.82	10.18	42.48	41.00
43	1+851.579	1+855.535	36.00	16.82	19.18	60.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	27.00	16.82	10.18	42.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	38.00	29.67	8.33	61.20	42.00
49	2+078.572	2+110.924	32.00	17.13	14.87	51.97	41.00
55	2+541.717	2+586.405	61.00	28.37	32.63	119.84	50.00
63	3+023.393	3+043.695	60.00	31.04	28.96	115.87	62.00
66	3+155.505	3+177.133	37.00	28.37	8.63	59.42	45.00
68	3+226.544	3+291.706	57.00	31.78	25.22	107.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	56.00	15.83	40.17	106.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	36.00	18.74	17.26	60.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	38.00	25.02	12.98	63.37	63.00
82	3+907.941	3+921.882	67.00	19.07	47.93	137.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	57.00	19.07	37.93	110.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	36.00	28.39	7.61	57.47	40.00

Tabla 116: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 2m)

Para el tramo 2, los valores máximo y mínimo de diferencia de velocidad son 75.15 km/h y 0.33 km/h respectivamente. El valor promedio es de 20.53 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 12 sobre 22 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 54.55% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+000.000	0+031.191	69.00	18.25	50.75	144.72	91.00
4	0+140.156	0+152.545	83.00	25.22	57.78	188.82	143.00
11	0+579.763	0+589.567	64.00	22.40	41.60	130.56	130.00
12	0+601.505	0+617.389	57.00	16.89	40.11	110.63	90.00

14	0+683.202	0+694.069	45.00	31.66	13.34	77.45	70.00
30	1+313.866	1+339.620	67.00	15.31	51.69	137.82	92.00
34	1+471.970	1+513.424	82.00	15.31	66.69	184.52	102.00
38	1+677.789	1+684.228	42.00	15.31	26.69	73.59	70.00
40	1+758.456	1+768.385	27.00	16.82	10.18	43.48	41.00
43	1+851.579	1+855.535	36.00	16.82	19.18	61.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	27.00	16.82	10.18	43.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	38.00	29.67	8.33	62.20	42.00
49	2+078.572	2+110.924	32.00	17.13	14.87	52.97	41.00
55	2+541.717	2+586.405	61.00	28.37	32.63	120.84	50.00
63	3+023.393	3+043.695	60.00	31.04	28.96	116.87	62.00
66	3+155.505	3+177.133	37.00	28.37	8.63	60.42	45.00
68	3+226.544	3+291.706	57.00	31.78	25.22	108.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	56.00	15.83	40.17	107.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	36.00	18.74	17.26	61.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	38.00	25.02	12.98	64.37	63.00
82	3+907.941	3+921.882	67.00	19.07	47.93	138.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	57.00	19.07	37.93	111.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	36.00	28.39	7.61	58.47	40.00

Tabla 117: distancia de visibilidad de alcance- diferencia de velocidades (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 3m)

El valor promedio es de 20.53 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 13 sobre 23 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 56.52% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Velocidad específica (km/h)	Velocidad ciclista (km/h)	Diferencia de velocidades (km/h)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+000.000	0+031.191	69.00	18.25	50.75	145.72	91.00
4	0+140.156	0+152.545	83.00	25.22	57.78	189.82	143.00
11	0+579.763	0+589.567	64.00	22.40	41.60	131.56	130.00
12	0+601.505	0+617.389	57.00	16.89	40.11	111.63	90.00
14	0+683.202	0+694.069	45.00	31.66	13.34	78.45	70.00
30	1+313.866	1+339.620	67.00	15.31	51.69	138.82	92.00
34	1+471.970	1+513.424	82.00	15.31	66.69	185.52	102.00
38	1+677.789	1+684.228	42.00	15.31	26.69	74.59	70.00
40	1+758.456	1+768.385	27.00	16.82	10.18	44.48	41.00
43	1+851.579	1+855.535	36.00	16.82	19.18	62.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	27.00	16.82	10.18	44.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	38.00	29.67	8.33	63.20	42.00
49	2+078.572	2+110.924	32.00	17.13	14.87	53.97	41.00
55	2+541.717	2+586.405	61.00	28.37	32.63	121.84	50.00
63	3+023.393	3+043.695	60.00	31.04	28.96	117.87	62.00
66	3+155.505	3+177.133	37.00	28.37	8.63	61.42	45.00

68	3+226.544	3+291.706	57.00	31.78	25.22	109.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	56.00	15.83	40.17	108.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	36.00	18.74	17.26	62.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	38.00	25.02	12.98	65.37	63.00
82	3+907.941	3+921.882	67.00	19.07	47.93	139.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	57.00	19.07	37.93	112.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	36.00	28.39	7.61	59.47	40.00

Tabla 118: distancia de visibilidad de alcance-diferencia de velocidades (tramo 2 – AASHTO – distancia de seguridad: 4m)

El valor promedio es de 20.53 km/h. En función de esto, se obtiene que un total de 13 sobre 23 curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad, lo que representa un 56.52% de las curvas que no cumplen con la verificación. Esto significa que la mayor parte de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran dentro del rango superior de diferencias de velocidad entre vehículo y ciclista.

6.5.3. Análisis de las distancias de alcance según el tipo de curva

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	-211.70	143.63	114.00
3	9+842.253	9+889.982	-180.00	123.26	90.00
5	9+937.020	9+943.762	22.00	45.83	43.00
9	10+131.635	10+184.466	285.00	189.55	110.00
16	10+697.212	10+715.437	250.00	157.34	143.00
17	10+738.724	10+806.699	-1157.37	324.45	103.00
31	12+079.358	12+088.791	350.00	248.08	70.00
34	12+255.783	12+363.371	-1330.04	465.41	250.00
39	12+812.671	12+940.040	541.10	337.35	284.00
40	13+192.098	13+198.449	-250.00	163.31	110.00
102	17+517.278	17+551.135	26.00	48.60	41.00
120	19+120.992	19+153.091	1670.46	398.14	230.00
126	19+776.992	19+840.526	32.80	47.56	43.00
127	19+916.620	19+921.404	50.00	45.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	-41.52	44.86	40.00

Tabla 119: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 15 curvas que no cumplen con la verificación, 6 curvas son a izquierda, lo que representa un 40%. El resto, 9 curvas a derecha, representa un 60%. A modo global, se tiene que 6 curvas de 64 no cumplen la verificación, un 9.38% de las curvas a izquierda, y 9 curvas de 64 a derecha, lo que supone un 14.06%.

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	-211.70	144.63	114.00
3	9+842.253	9+889.982	-180.00	124.26	90.00
5	9+937.020	9+943.762	22.00	46.83	43.00
9	10+131.635	10+184.466	285.00	190.55	110.00
16	10+697.212	10+715.437	250.00	158.34	143.00
17	10+738.724	10+806.699	-1157.37	325.45	103.00
31	12+079.358	12+088.791	350.00	249.08	70.00
34	12+255.783	12+363.371	-1330.04	466.41	250.00
39	12+812.671	12+940.040	541.10	338.35	284.00
40	13+192.098	13+198.449	-250.00	164.31	110.00
102	17+517.278	17+551.135	26.00	49.60	41.00
109	18+052.222	18+087.912	24.00	47.38	47.00
120	19+120.992	19+153.091	1670.46	399.14	230.00
126	19+776.992	19+840.526	32.80	48.56	43.00
127	19+916.620	19+921.404	50.00	46.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	-41.52	45.86	40.00

Tabla 120: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 16 curvas que no cumplen con la verificación, 6 curvas son a izquierda, lo que representa un 37.5%. El resto, 10 curvas a derecha, representa un 62.5%. A modo global, se tiene que 6 curvas de 64 no cumplen la verificación, un 9.38% de las curvas a izquierda, y 10 curvas de 64 a derecha, lo que supone un 15.63%.

Tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	-211.70	145.63	114.00
3	9+842.253	9+889.982	-180.00	125.26	90.00
5	9+937.020	9+943.762	22.00	47.83	43.00
9	10+131.635	10+184.466	285.00	191.55	110.00
16	10+697.212	10+715.437	250.00	159.34	143.00
17	10+738.724	10+806.699	-1157.37	326.45	103.00
31	12+079.358	12+088.791	350.00	250.08	70.00
34	12+255.783	12+363.371	-1330.04	467.41	250.00
35	12+445.590	12+478.001	-190.00	130.93	130.00
39	12+812.671	12+940.040	541.10	339.35	284.00

40	13+192.098	13+198.449	-250.00	165.31	110.00
102	17+517.278	17+551.135	26.00	50.60	41.00
109	18+052.222	18+087.912	24.00	48.38	47.00
120	19+120.992	19+153.091	1670.46	400.14	230.00
126	19+776.992	19+840.526	32.80	49.56	43.00
127	19+916.620	19+921.404	50.00	47.54	40.00
128	19+939.404	19+971.329	-41.52	46.86	40.00

Tabla 121: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 17 curvas que no cumplen con la verificación, 7 curvas son a izquierda, lo que representa un 41.18%. El resto, 10 curvas a derecha, representa un 58.82%. A modo global, se tiene que 7 curvas de 64 no cumplen la verificación, un 10.94% de las curvas a izquierda, y 10 curvas de 64 a derecha, lo que supone un 15.63%.

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	163.29	115.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	250.00	168.83	144.00
30	1+313.866	1+339.620	-150.00	105.71	93.00
34	1+471.970	1+513.424	-245.68	160.31	103.00
40	1+758.456	1+768.385	-15.00	47.90	42.00
44	1+865.536	1+891.316	-15.00	47.90	42.00
48	2+048.022	2+061.012	35.00	44.85	42.00
49	2+078.572	2+110.924	22.00	47.82	42.00
55	2+541.717	2+586.405	-120.00	84.30	50.00
63	3+023.393	3+043.695	115.00	79.41	63.00
66	3+155.505	3+177.133	-32.00	45.32	45.00
68	3+226.544	3+291.706	99.47	68.35	50.00
82	3+907.941	3+921.882	150.00	105.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	-100.00	75.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	29.45	45.04	41.00

Tabla 122: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 2m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 15 curvas que no cumplen con la verificación, 7 curvas son a izquierda, lo que representa un 46.67%. El resto, 8 curvas a derecha, representa un 53.33%. A modo global, se tiene que 7 curvas de 40 no cumplen la verificación, un 17.5% de las curvas a izquierda, y 8 curvas de 44 a derecha, lo que supone un 18.18%.

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	163.29	116.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	250.00	169.83	144.00
30	1+313.866	1+339.620	-150.00	106.71	93.00
34	1+471.970	1+513.424	-245.68	161.31	103.00
40	1+758.456	1+768.385	-15.00	48.90	42.00
44	1+865.536	1+891.316	-15.00	48.90	42.00
48	2+048.022	2+061.012	35.00	45.85	42.00
49	2+078.572	2+110.924	22.00	48.82	42.00
55	2+541.717	2+586.405	-120.00	85.30	50.00
63	3+023.393	3+043.695	115.00	80.41	63.00
66	3+155.505	3+177.133	-32.00	46.32	45.00
68	3+226.544	3+291.706	99.47	69.35	50.00
82	3+907.941	3+921.882	150.00	106.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	-100.00	76.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	29.45	46.04	41.00

Tabla 123: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 3m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 15 curvas que no cumplen con la verificación, 7 curvas son a izquierda, lo que representa un 46.67%. El resto, 8 curvas a derecha, representa un 53.33%. A modo global, se tiene que 7 curvas de 40 no cumplen la verificación, un 17.5% de las curvas a izquierda, y 8 curvas de 44 a derecha, lo que supone un 18.18%.

Tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+0.000	0+31.191	163.29	117.48	89.00
4	0+140.156	0+152.545	250.00	170.83	144.00
30	1+313.866	1+339.620	-150.00	107.71	93.00
34	1+471.970	1+513.424	-245.68	162.31	103.00
40	1+758.456	1+768.385	-15.00	49.90	42.00
44	1+865.536	1+891.316	-15.00	49.90	42.00
48	2+048.022	2+061.012	35.00	46.85	42.00
49	2+078.572	2+110.924	22.00	49.82	42.00
55	2+541.717	2+586.405	-120.00	86.30	50.00
63	3+023.393	3+043.695	115.00	81.41	63.00
66	3+155.505	3+177.133	-32.00	47.32	45.00

68	3+226.544	3+291.706	99.47	70.35	50.00
75	3+468.229	3+494.798	-13.00	50.27	50.00
82	3+907.941	3+921.882	150.00	107.24	60.00
83	3+935.245	3+944.872	-100.00	77.41	40.00
84	3+978.705	3+994.894	29.45	47.04	41.00

Tabla 124: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – Norma de Trazado 3.1-IC – distancia de seguridad: 4m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 16 curvas que no cumplen con la verificación, 8 curvas son a izquierda, lo que representa un 50%. El resto, 8 curvas a derecha, representa un 50%. A modo global, se tiene que 8 curvas de 40 no cumplen la verificación, un 20% de las curvas a izquierda, y 8 curvas de 44 a derecha, lo que supone un 18.18%.

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	-211.70	168.69	114.00
3	9+842.253	9+889.982	-180.00	152.74	90.00
4	9+903.593	9+916.604	-60.00	84.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	22.00	50.66	42.00
9	10+131.635	10+184.466	285.00	205.09	110.00
16	10+697.212	10+715.437	250.00	188.96	142.00
17	10+738.724	10+806.699	-1157.37	234.56	103.00
22	11+105.112	11+127.492	-100.00	107.32	104.00
31	12+079.358	12+088.791	350.00	227.04	70.00
35	12+445.590	12+478.001	-190.00	158.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	-250.00	186.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	-80.00	97.06	82.00
53	14+003.800	14+012.726	50.00	77.25	70.00
57	14+139.981	14+177.396	-67.00	89.45	65.00
59	14+286.221	14+299.989	-46.27	72.05	63.00
74	15+343.718	15+346.575	50.00	77.09	66.00
89	16+391.554	16+417.595	125.00	121.08	110.00
102	17+517.278	17+551.135	26.00	55.08	50.00
108	17+997.522	18+015.532	-75.00	93.98	64.00
109	18+052.222	18+087.912	24.00	53.42	43.00
112	18+285.135	18+292.022	100.00	110.27	101.00
116	18+661.626	18+689.675	-100.00	109.86	109.00
125	19+720.355	19+728.220	-75.00	94.22	65.00
126	19+776.992	19+840.526	32.80	62.24	43.00
127	19+916.620	19+921.404	50.00	76.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	-41.52	65.81	40.00

Tabla 125: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – AASHTO– distancia de seguridad: 2m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 26 curvas que no cumplen con la verificación, 14 curvas son a izquierda, lo que representa un 53.85%. El resto, 12 curvas a derecha, representa un 46.15%. A modo global, se tiene que 64 no cumplen la verificación, un 21.88% de las curvas a izquierda, y 12 curvas de 64 a derecha, lo que supone un 18.75%.

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	-211.70	169.69	114.00
3	9+842.253	9+889.982	-180.00	153.74	90.00
4	9+903.593	9+916.604	-60.00	85.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	22.00	51.66	42.00
9	10+131.635	10+184.466	285.00	206.09	110.00
16	10+697.212	10+715.437	250.00	189.96	142.00
17	10+738.724	10+806.699	-1157.37	235.56	103.00
22	11+105.112	11+127.492	-100.00	108.32	104.00
31	12+079.358	12+088.791	350.00	228.04	70.00
32	12+107.649	12+139.162	42.00	68.32	68.00
35	12+445.590	12+478.001	-190.00	159.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	-250.00	187.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	-80.00	98.06	82.00
53	14+003.800	14+012.726	50.00	78.25	70.00
57	14+139.981	14+177.396	-67.00	90.45	65.00
59	14+286.221	14+299.989	-46.27	73.05	63.00
74	15+343.718	15+346.575	50.00	78.09	66.00
89	16+391.554	16+417.595	125.00	122.08	110.00
102	17+517.278	17+551.135	26.00	56.08	50.00
108	17+997.522	18+015.532	-75.00	94.98	64.00
109	18+052.222	18+087.912	24.00	54.42	43.00
112	18+285.135	18+292.022	100.00	111.27	101.00
116	18+661.626	18+689.675	-100.00	110.86	109.00
125	19+720.355	19+728.220	-75.00	95.22	65.00
126	19+776.992	19+840.526	32.80	63.24	43.00
127	19+916.620	19+921.404	50.00	77.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	-41.52	66.81	40.00

Tabla 126: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – AASHTO– distancia de seguridad: 3m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 27 curvas que no cumplen con la verificación, 14 curvas son a izquierda, lo que representa un 51.85%. El resto, 13 curvas a derecha, representa un 48.15%.

A modo global, se tiene que 14 curvas de 64 no cumplen la verificación, un 21.88% de las curvas a izquierda, y 13 curvas de 64 a derecha, lo que supone un 20.31%.

Tramo 1 – AASHTO – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	9+746.793	9+805.950	-211.70	170.69	114.00
3	9+842.253	9+889.982	-180.00	154.74	90.00
4	9+903.593	9+916.604	-60.00	86.63	62.00
5	9+937.020	9+943.762	22.00	52.66	42.00
9	10+131.635	10+184.466	285.00	207.09	110.00
16	10+697.212	10+715.437	250.00	190.96	142.00
17	10+738.724	10+806.699	-1157.37	236.56	103.00
22	11+105.112	11+127.492	-100.00	109.32	104.00
31	12+079.358	12+088.791	350.00	229.04	70.00
32	12+107.649	12+139.162	42.00	69.32	68.00
35	12+445.590	12+478.001	-190.00	160.35	130.00
40	13+192.098	13+198.449	-250.00	188.01	110.00
45	13+596.671	13+611.048	-80.00	99.06	82.00
53	14+003.800	14+012.726	50.00	79.25	70.00
57	14+139.981	14+177.396	-67.00	91.45	65.00
59	14+286.221	14+299.989	-46.27	74.05	63.00
74	15+343.718	15+346.575	50.00	79.09	66.00
80	15+763.594	15+768.377	-75.00	96.73	96.00
87	16+255.705	16+271.917	-34.90	62.93	62.00
89	16+391.554	16+417.595	125.00	123.08	110.00
102	17+517.278	17+551.135	26.00	57.08	50.00
108	17+997.522	18+015.532	-75.00	95.98	64.00
109	18+052.222	18+087.912	24.00	55.42	43.00
112	18+285.135	18+292.022	100.00	112.27	101.00
116	18+661.626	18+689.675	-100.00	111.86	109.00
125	19+720.355	19+728.220	-75.00	96.22	65.00
126	19+776.992	19+840.526	32.80	64.24	43.00
127	19+916.620	19+921.404	50.00	78.81	40.00
128	19+939.404	19+971.329	-41.52	67.81	40.00

Tabla 127: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 1 – AASHTO– distancia de seguridad: 4m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 29 curvas que no cumplen con la verificación, 16 curvas son a izquierda, lo que representa un 55.17%. El resto, 13 curvas a derecha, representa un 44.83%. A modo global, se tiene que 16 curvas de 64 no cumplen la verificación, un 25% de las curvas a izquierda, y 13 curvas de 64 a derecha, lo que supone un 20.31%.

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 2 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+000.000	0+031.191	163.29	143.72	91.00
4	0+140.156	0+152.545	250.00	187.82	143.00
12	0+601.505	0+617.389	-100.00	109.63	90.00
14	0+683.202	0+694.069	55.00	76.45	70.00
30	1+313.866	1+339.620	-150.00	136.82	92.00
34	1+471.970	1+513.424	-245.68	183.52	102.00
38	1+677.789	1+684.228	45.00	72.59	70.00
40	1+758.456	1+768.385	-15.00	42.48	41.00
43	1+851.579	1+855.535	30.00	60.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	-15.00	42.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	35.00	61.20	42.00
49	2+078.572	2+110.924	22.00	51.97	41.00
55	2+541.717	2+586.405	-120.00	119.84	50.00
63	3+023.393	3+043.695	115.00	115.87	62.00
66	3+155.505	3+177.133	-32.00	59.42	45.00
68	3+226.544	3+291.706	99.47	107.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	96.66	106.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	-30.20	60.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	35.00	63.37	63.00
82	3+907.941	3+921.882	150.00	137.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	-100.00	110.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	29.45	57.47	40.00

Tabla 128: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – AASHTO– distancia de seguridad: 2m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 22 curvas que no cumplen con la verificación, 9 curvas son a izquierda, lo que representa un 40.91%. El resto, 13 curvas a derecha, representa un 59.09%. A modo global, se tiene que 9 curvas de 40 no cumplen la verificación, un 22.5% de las curvas a izquierda, y 13 curvas de 44 a derecha, lo que supone un 29.55%.

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 3 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+000.000	0+031.191	163.29	144.72	91.00
4	0+140.156	0+152.545	250.00	188.82	143.00
11	0+579.763	0+589.567	134.02	130.56	130.00
12	0+601.505	0+617.389	-100.00	110.63	90.00

14	0+683.202	0+694.069	55.00	77.45	70.00
30	1+313.866	1+339.620	-150.00	137.82	92.00
34	1+471.970	1+513.424	-245.68	184.52	102.00
38	1+677.789	1+684.228	45.00	73.59	70.00
40	1+758.456	1+768.385	-15.00	43.48	41.00
43	1+851.579	1+855.535	30.00	61.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	-15.00	43.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	35.00	62.20	42.00
49	2+078.572	2+110.924	22.00	52.97	41.00
55	2+541.717	2+586.405	-120.00	120.84	50.00
63	3+023.393	3+043.695	115.00	116.87	62.00
66	3+155.505	3+177.133	-32.00	60.42	45.00
68	3+226.544	3+291.706	99.47	108.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	96.66	107.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	-30.20	61.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	35.00	64.37	63.00
82	3+907.941	3+921.882	150.00	138.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	-100.00	111.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	29.45	58.47	40.00

Tabla 129: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – AASHTO– distancia de seguridad: 3m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 23 curvas que no cumplen con la verificación, 9 curvas son a izquierda, lo que representa un 39.13%. El resto, 14 curvas a derecha, representa un 60.87%. A modo global, se tiene que 9 curvas de 40 no cumplen la verificación, un 22.5% de las curvas a izquierda, y 14 curvas de 44 a derecha, lo que supone un 31.82%.

Tramo 2 – AASHTO – Distancia de seguridad: 4 metros

No. Curva	PK Inicial	PK Final	Radio (m)	Distancia de alcance (m)	Visibilidad de parada disponible mínima (m)
1	0+000.000	0+031.191	163.29	145.72	91.00
4	0+140.156	0+152.545	250.00	189.82	143.00
11	0+579.763	0+589.567	134.02	131.56	130.00
12	0+601.505	0+617.389	-100.00	111.63	90.00
14	0+683.202	0+694.069	55.00	78.45	70.00
30	1+313.866	1+339.620	-150.00	138.82	92.00
34	1+471.970	1+513.424	-245.68	185.52	102.00
38	1+677.789	1+684.228	45.00	74.59	70.00
40	1+758.456	1+768.385	-15.00	44.48	41.00
43	1+851.579	1+855.535	30.00	62.01	50.00
44	1+865.536	1+891.316	-15.00	44.48	41.00
48	2+048.022	2+061.012	35.00	63.20	42.00

49	2+078.572	2+110.924	22.00	53.97	41.00
55	2+541.717	2+586.405	-120.00	121.84	50.00
63	3+023.393	3+043.695	115.00	117.87	62.00
66	3+155.505	3+177.133	-32.00	61.42	45.00
68	3+226.544	3+291.706	99.47	109.25	50.00
72	3+370.688	3+400.527	96.66	108.66	90.00
74	3+432.155	3+447.155	-30.20	62.15	50.00
77	3+522.447	3+532.004	35.00	65.37	63.00
82	3+907.941	3+921.882	150.00	139.98	60.00
83	3+935.245	3+944.872	-100.00	112.11	40.00
84	3+978.705	3+994.894	29.45	59.47	40.00

Tabla 130: distancia de visibilidad de alcance-tipo de curva (tramo 2 – AASHTO– distancia de seguridad: 4m)

Como se puede apreciar en la tabla, de las 23 curvas que no cumplen con la verificación, 9 curvas son a izquierda, lo que representa un 39.13%. El resto, 14 curvas a derecha, representa un 60.87%. A modo global, se tiene que 9 curvas de 40 no cumplen la verificación, un 22.5% de las curvas a izquierda, y 14 curvas de 44 a derecha, lo que supone un 31.82%.

7. Conclusiones

El objetivo principal de este trabajo ha sido el desarrollo de una metodología para poder analizar las visibilidades disponibles y requeridas para la circulación segura de ciclistas en los tramos de carretera dados, utilizando principalmente la normativa AASHTO, pues uno de los objetivos de este estudio es poder aplicarlo en el ámbito internacional, pero al mismo tiempo se usó la norma de trazado 3.1-IC, con el fin de presentar los resultados en base a la realidad, ya que es una carretera española diseñada y construida, claro está, en España. Para poder realizar este análisis, se procedió con el análisis geométrico de los elementos de los tramos objeto de estudio (principalmente las curvas horizontales), y las velocidades obtenidas de los ciclistas mediante las mediciones hechas con anterioridad al presente trabajo.

Mediante la obtención de las distancias de visibilidad y de visibilidad de parada, usando el modelo del terreno digital a través del programa CLIP de TOOL, S.A., y las fórmulas de cálculo, se encontraron las curvas que no cumplen con la verificación $VPD > DVP$ (siendo VPD: Visibilidad de parada disponible, y DVP: distancia de visibilidad de parada). Con este punto de partida, y teniendo en cuenta que la normativa AASHTO, en su análisis para las distancias de visibilidad de parada, describe el obstáculo que se encuentra en la trayectoria del vehículo que circula en la carretera como estático, y que también esta distancia se expresa como la necesaria para detener el vehículo desde su velocidad inicial hasta cero, el caso que se ha estudiado en este trabajo es completamente diferente: se ha analizado un objeto dinámico (el ciclista), por lo que se hizo necesario modificar la distancia de visibilidad de parada a una nueva distancia, a la que se le llamó distancia de visibilidad de alcance, en la cual la componente que describe la variación de velocidad desde la inicial a la velocidad cero, se sustituyó por la variación de velocidad inicial a la velocidad del ciclista. En otras palabras, el análisis propuesto en este trabajo ha descrito la distancia necesaria para evitar un alcance entre el vehículo y el ciclista, tomando en cuenta que el vehículo desacelera lo suficientemente en esta distancia hasta llegar a la velocidad que el ciclista posee sin que se produzca un alcance. Todo esto se ha analizado en cada una de las curvas de los tramos analizados.

Es importante señalar que fue necesario utilizar las ecuaciones cinemáticas para el movimiento de una partícula bajo aceleración constante. Otro tipo de ecuaciones y metodologías, como el cálculo de la pendiente en la gráfica del análisis de aceleración-desaceleración, fueron probadas con el fin de obtener un modelo matemático que describiera el fenómeno estudiado en este trabajo, pero por razones prácticas, no se utilizaron, y se procedió a utilizar como único modelo el aplicado en los análisis: el modelo de las ecuaciones cinemáticas para el movimiento de una partícula bajo aceleración constante.

El análisis definido se aplicó a cada una de las curvas de ambos tramos: para el primer tramo se tienen 128 curvas, y para el segundo 84 curvas. Con el fin de determinar el mejor caso escenario, es decir, el caso en que se produzcan la menor cantidad de alcances, se procedió a analizar los tramos de estudio variando la posición de circulación del ciclista a lo ancho del carril de circulación del vehículo: en el borde de la calzada (en ausencia de arcén, como es el caso en la mayor parte de ambos tramos de carretera, es por donde legislativamente el ciclista debe circular), en el centro del carril (para facilitar el análisis, fue necesario tomar un ancho promedio en ambos tramos debido a

que estos no poseían un ancho homogéneo a lo largo de su trayecto), y finalmente en el centro de la calzada.

Tomando en cuenta lo descrito anteriormente, se descubrió que este modelo no consideraba la existencia de una distancia de seguridad entre el vehículo y el ciclista, por lo que los resultados obtenidos representaban en la realidad la posición del vehículo justamente detrás de la del ciclista (el parachoques frontal del vehículo tocando la rueda trasera del ciclista). Así, se introdujo un micro análisis de sensibilidad en el cual se varió la distancia de seguridad entre el vehículo y el ciclista, mediante tres distancias: a 2 metros, a 3 metros y a 4 metros.

Además de haber hecho la verificación de las visibilidades en cada curva, también se llevó a cabo dos análisis más desde el punto de vista de la distancia de visibilidad de alcance: uno donde se comparó esta distancia con las velocidades, tanto de los vehículos como de los ciclistas, específicamente la diferencia entre éstas, con el fin de encontrar una relación entre ambas variables. El otro análisis efectuado es parecido al anterior, solo que se introdujo el valor del radio de cada curva contra el valor de distancia de visibilidad de alcance correspondiente.

A continuación, se presentan las tablas resumen de cada caso y tramo:

Verificación de distancia de visibilidad de alcance											
Caso A: borde calzada (Tramo 1-AASHTO)				Caso B: centro carril (Tramo 1-AASHTO)				Caso C: eje calzada (Tramo 1-AASHTO)			
	Distancia de seguridad				Distancia de seguridad				Distancia de seguridad		
	2m	3m	4m		2m	3m	4m		2m	3m	4m
DVA>DV (%)	28.91	28.91	29.69	DVA>DV (%)	23.44	24.22	25	DVA>DV (%)	20.31	21.09	22.66

Tabla 131: tabla resumen "Verificación de distancia de visibilidad de alcance" tramo 1 - AASHTO

Verificación de distancia de visibilidad de alcance											
Caso A: borde calzada (Tramo 2-AASHTO)				Caso B: centro carril (Tramo 2-AASHTO)				Caso C: eje calzada (Tramo 2-AASHTO)			
	Distancia de seguridad				Distancia de seguridad				Distancia de seguridad		
	2m	3m	4m		2m	3m	4m		2m	3m	4m
DVA>DV (%)	32.14	32.14	33.33	DVA>DV (%)	26.19	28.57	28.57	DVA>DV (%)	26.19	27.38	27.38

Tabla 132: tabla resumen "Verificación de distancia de visibilidad de alcance" tramo 2 - AASHTO

Diferencia de Velocidades vs. DVA											
Caso A: borde calzada (Tramo 1-AASHTO)				Caso B: centro carril (Tramo 1-AASHTO)				Caso C: eje calzada (Tramo 1-AASHTO)			
	Distancia de seguridad				Distancia de seguridad				Distancia de seguridad		
	2m	3m	4m		2m	3m	4m		2m	3m	4m
DVA>DV (%)	56.76	56.76	57.89	DVA>DV (%)	63.33	64.52	65.63	DVA>DV (%)	61.24	59.26	58.62

Tabla 133: tabla resumen "Diferencia de Velocidades vs. DVA" tramo 1 - AASHTO

Diferencia de Velocidades vs. DVA											
Caso A: borde calzada (Tramo 2-AASHTO)				Caso B: centro carril (Tramo 2-AASHTO)				Caso C: eje calzada (Tramo 2-AASHTO)			
	Distancia de seguridad				Distancia de seguridad				Distancia de seguridad		
	2m	3m	4m		2m	3m	4m		2m	3m	4m
DVA>DV (%)	51.85	51.85	50	DVA>DV (%)	54.55	54.17	54.17	DVA>DV (%)	54.55	56.52	56.52

Tabla 134: tabla resumen "Diferencia de Velocidades vs. DVA" tramo 2 - AASHTO

Tipo de curva vs. DVA											
Caso A: borde calzada (Tramo 1-AASHTO)				Caso B: centro carril (Tramo 1-AASHTO)				Caso C: eje calzada (Tramo 1-AASHTO)			
	Distancia de seguridad				Distancia de seguridad				Distancia de seguridad		
	2m	3m	4m		2m	3m	4m		2m	3m	4m
Curvas a izq. (Local): DVA>DV (%)	43.24	43.24	44.74	Curvas a izq. (Local): DVA>DV (%)	46.67	48.39	50	Curvas a izq. (Local): DVA>DV (%)	53.85	51.85	55.17
Curvas a der. (Local): DVA>DV (%)	56.76	56.76	55.26	Curvas a der. (Local): DVA>DV (%)	53.33	51.61	50	Curvas a der. (Local): DVA>DV (%)	46.15	48.15	44.83
Curvas a izq. (Global): DVA>DV (%)	25	25	26.56	Curvas a izq. (Global): DVA>DV (%)	21.88	23.44	25	Curvas a izq. (Global): DVA>DV (%)	21.88	21.88	25
Curvas a der. (Global): DVA>DV (%)	32.83	32.83	32.83	Curvas a der. (Global): DVA>DV (%)	25	25	25	Curvas a der. (Global): DVA>DV (%)	18.75	20.31	20.31

Tabla 135: tabla resumen "Tipo de curva vs. DVA" tramo 1 - AASHTO

Tipo de curva vs. DVA											
Caso A: borde calzada (Tramo 2-AASHTO)				Caso B: centro carril (Tramo 2-AASHTO)				Caso C: eje calzada (Tramo 2-AASHTO)			
	Distancia de seguridad				Distancia de seguridad				Distancia de seguridad		
	2m	3m	4m		2m	3m	4m		2m	3m	4m
Curvas a izq. (Local): DVA>DV (%)	33.33	33.33	35.71	Curvas a izq. (Local): DVA>DV (%)	36.36	37.5	37.5	Curvas a izq. (Local): DVA>DV (%)	40.91	39.13	39.13
Curvas a der. (Local): DVA>DV (%)	66.67	66.67	64.29	Curvas a der. (Local): DVA>DV (%)	63.64	62.5	62.5	Curvas a der. (Local): DVA>DV (%)	59.09	60.87	60.87
Curvas a izq. (Global): DVA>DV (%)	22.5	22.5	25	Curvas a izq. (Global): DVA>DV (%)	20	22.5	22.5	Curvas a izq. (Global): DVA>DV (%)	22.5	22.5	22.5
Curvas a der. (Global): DVA>DV (%)	40.91	40.91	40.91	Curvas a der. (Global): DVA>DV (%)	31.82	34.09	34.09	Curvas a der. (Global): DVA>DV (%)	29.55	31.82	31.82

Tabla 136: 135 tabla resumen "Tipo de curva vs. DVA" tramo 2 - AASHTO

Para el primer análisis, tanto en el tramo 1 como en el tramo 2, se puede observar en los tres casos una clara tendencia respecto a la "Verificación de distancia de visibilidad de alcance": a medida que el valor de distancia de seguridad aumenta, el porcentaje de DVA>DV, es decir, porcentaje de curvas en el tramo que no se cumple la verificación, aumenta. Esto era de esperarse ya que al aumentar la distancia que debe existir entre el vehículo y el ciclista, se disminuye la distancia que el vehículo necesita para poder reducir su velocidad en la medida de la necesario con el fin de evitar un alcance. A sabiendas que la visibilidad de parada disponible debe ser mayor que la de alcance, se debe aumentar la distancia de visibilidad de alcance tanto más como sea el valor de la

distancia de seguridad para poder compensar la distancia total requerida y así obtener que $V_v = V_c$ (siendo V_v velocidad del vehículo y V_c la velocidad del ciclista).

Siguiendo en el mismo primer análisis, se puede ver que cuando se compara entre los tres casos escenario (casos A, B y C), se obtuvieron resultados contrarios: a medida que la posición del ciclista se aleja del borde de la calzada, es decir, desde el interior de la curva al exterior, el porcentaje $DVA > DV$ disminuye. Esto se debe a que el vehículo al transitar por la vía, tiene mayor visibilidad de un objeto que se encuentre en el exterior de la curva que en el interior, debido a los despejes laterales. Esto igualmente se puede apreciar en las tablas y gráficos de los anexos donde se presentan los valores de visibilidad y sus variaciones para cada caso.

En el segundo análisis, donde se procedió con la comparación de las diferencias de velocidad entre el vehículo y ciclista frente a la distancia de visibilidad de alcance, se separaron aquellas curvas en las que la verificación no se cumple y que correspondieran a la parte superior del valor medio de diferencia de velocidad. En otras palabras: se buscó comprobar si la diferencia de velocidad posee una relación directa en los porcentajes donde no se verificó $DV > DVA$. Como se puede observar en las tablas de “Diferencia de Velocidades vs. DVA”, para los 3 casos A, B y C, y en ambos tramos 1 y 2, tomando en cuenta el análisis de sensibilidad para la distancia de seguridad, el 50% o más de las curvas que no cumplen con la verificación se encuentran por encima del valor promedio de la diferencia de velocidad vehículo – ciclista, en todos los casos.

Luego se procedió con el tercer y último análisis, el cual buscó obtener una relación entre el tipo de curva (curva a derecha o a izquierda) y el porcentaje $DVA > DV$ aplicado a cada caso escenario, y sus respectivas distancias de seguridad. Con el fin de presentar una gama más amplia de resultados, estos fueron separados en dos categorías: por un lado los locales, en los cuales la muestra total y en base a la cual se obtuvieron los valores de porcentajes representan solamente las curvas en las que no se verifica $DV > DVA$, por lo que se tienen curvas a derecha y a izquierda que no cumplen la verificación, y por el otro lado los globales, en los cuales el porcentaje obtenido toma en consideración las curvas a derecha y a izquierda donde se cumple y no se cumple la verificación. El objetivo de este análisis fue determinar si en cada caso el porcentaje de curvas a derecha que no cumplen la verificación es mayor o inferior al de curvas a izquierda. En la mayoría de los casos esto se cumple, excepto en el caso C del tramo 1, tanto en la categoría local como en la global. Esto se puede deber a la geometría de la carretera, puesto que se puede observar que el patrón se deja de cumplirse precisamente debido a la variación de la posición transversal del ciclista.

Finalmente, se presentan las hipótesis establecidas al inicio de este estudio, las cuales, mediante los análisis hechos y descritos anteriormente, se han podido verificar, ya sea positiva o negativamente:

Hipótesis “a”: La diferencia de velocidad entre los vehículos de motor y los ciclistas que circulan en los tramos de la carretera objeto de estudio es una de las principales razones de la accidentalidad que se produce en la misma.

Esta hipótesis se pudo verificar ya que como se explica más arriba, en todos los casos se tiene que el 50% o más de las curvas donde $DVA > DV$ se encuentran por encima del valor promedio de diferencia de velocidad.

Hipótesis “b”: Al igual que la diferencia de velocidad entre vehículo y ciclista, los despejes laterales, específicamente los que se encuentran en la franja interior de las curvas en el sentido ascendente de los PKs (sentido Sur-Norte), representan también otra de las principales razones de la accidentalidad en la carretera de estudio, ya que limitan la visibilidad en estas curvas.

Hipótesis “c”: La accidentalidad (la cual se representará como un porcentaje del cumplimiento normativo respecto a las distancias de visibilidad y de parada) será mayor en aquellas curvas donde despeje lateral se encuentre en la franja interior de la curva.

Exceptuando el caso “C” del tramo 1 en ambas categorías local y global, los resultados indican que la mayoría de las curvas donde $DVA > DV$ son a derecha, en donde el despeje lateral impide la visibilidad del vehículo. Esto se verifica para ambas hipótesis “a” y “b”.

Hipótesis “d”: La posición del ciclista a lo ancho de la sección transversal de un tramo dado de la carretera de estudio puede afectar la visibilidad que el conductor pueda tener del mismo, siendo esta mayor cuando el ciclista se encuentre en la franja exterior de la curva y menor en la franja interior.

Viendo los resultados anteriores, se puede ver que esta hipótesis es verificable debido a que existe una tendencia en la cual el porcentaje de $DVA > DV$ disminuye conforme la posición trasversal del ciclista se aleja del interior de la curva.

Por último, y viendo la comprobación de las hipótesis presentadas al inicio de esta investigación, se puede afirmar que este modelo puede ser utilizado para ampliar la legislación existente respecto a la conducción de bicicletas en carreteras, específicamente de montañas, con el fin de aportar un mayor grado de la seguridad a los ciclistas.

8. Posibles líneas de investigación futuras

Este trabajo de investigación surge por la necesidad de tener un modelo matemático que pueda explicar el comportamiento e interacción que se produce entre un vehículo y un ciclista, ya que los modelos presentados no toman en consideración objetos estáticos tales como las bicicletas, y éstas últimas a su vez no se encuentran reguladas adecuadamente, o al menos, no en la medida de lo suficiente.

Dicho lo anterior, es importante señalar que este trabajo se realizó tomando como objeto de estudio 2 tramos de una carretera que presenta valores de pendiente (en su mayoría ascendentes) relativamente altos en comparación con otro tipo de vías (una autopista, por ejemplo), por lo que una futura línea de investigación podría efectuarse en distintos tipos de vías, con el fin de abarcar un campo más amplio de resultados, los cuales podrían ayudar a aumentar la seguridad para los ciclistas.

Por otro lado, si bien es cierto que la muestra de ciclistas usada es suficiente para el presente estudio, en futuros trabajos sería correcto modificar el tamaño, e incluso la variedad de la misma, puesto que como se ha indicado anteriormente, la velocidad de los ciclistas se ve afectada directa y principalmente por la pendiente del tramo en que se mida. Así, se tendrán valores de velocidad diferentes en el caso de aplicar la metodología propuesta en este trabajo a otro tipo de vías de circulación.

Una de las variables que se descartó al momento de plantear el objetivo de este trabajo fue la de condiciones climáticas. Sería interesante ver cómo se comporta este modelo en condiciones de, por ejemplo: lluvia extrema (el hidroplaneo sería fundamental a tomar en cuenta para este caso), climas secos (la toma de datos de velocidad de ciclistas arrojaría valores muy distintos incluso si se hiciera en una carretera de montaña como la del presente trabajo), en presencia de nevadas y heladas, entre otras.

Otra variable descartada debido a que no pertenecía al alcance de este trabajo es la IMD (intensidad media diaria). A pesar de que no se trata este dato, es importante señalar que por esta carretera no circula un gran número de vehículos. Sin embargo, aplicar la metodología propuesta en este trabajo a una carretera de montaña con características similares podría ser una línea futura de investigación derivada de este trabajo, así como también en cualquier otro tipo de vía con características variadas.

Cabe destacar igualmente que el vehículo modelo utilizado para este trabajo es un coche tipo turismo: tomar en cuenta en una futura línea de investigación otros tipos de vehículos como motocicletas, vehículos pesados y demás arrojaría resultados diferentes a los mostrados en este estudio, por lo que esto se propone igualmente como una futura línea de investigación bastante interesante.

9. Bibliografía

- 20 minutos. (2017). Ciclistas y coches en carretera: normas para circular en bicicleta. Retrieved May 4, 2018, from <https://www.20minutos.es/noticia/2801581/0/normas-circular-bicicleta-race/>
- 20 minutos. (n.d.). Ciclistas y coches en carretera: normas para circular en bicicleta. *20 Minutos*. Retrieved from <https://www.20minutos.es/noticia/2801581/0/normas-circular-bicicleta-race/>
- AASHTO. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*.
- Abdel-Aty, M. A., & Abdelwahab, H. T. (2003). Configuration Analysis of Two-Vehicle Rear-End Crashes. *Transportation Research Record*. Department of Civil Engineering, University of Central Florida, Orlando, FL 32816-2450, United States. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-1842428123&partnerID=40&md5=d10d30de1153bf24a6adfd772d79866e>
- Aignerren Aburto, J. M. (2004). Análisis e interpretación de datos. *La Sociología En Sus Escenarios*, (10), 1–106.
- Altamira, A. L., Marcet, J. E., Graffigna, A. B., & Gómez, A. M. (2010). Assessing available sight distance: an indirect tool to evaluate geometric design consistency. *4th International Symposium on Highway Geometric Design*, 1109(5400), 1–23. Retrieved from http://www.4ishgd.valencia.upv.es/index_archivos/54.pdf
- Altimetrias. (n.d.). PICO DEL AGUILA O CHIRIVILLA. Retrieved November 12, 2018, from <http://www.altimetrias.net/aspbk/verPerfilusu.asp?id=496>
- Aram, A. (2010). Effective Safety Factors on Horizontal Curves of Two-lane Highways. *Journal of Applied Sciences*, 10(22), 2814–2822. <https://doi.org/10.3923/jas.2010.2814.2822>
- Autopista. (n.d.). ¿Cómo influye el peso de la carga en un coche? Retrieved March 13, 2018, from <http://www.autopista.es/noticias-motor/articulo/carga-equipaje-maletero-coche-95368>
- Bañón Blázquez, L. (n.d.). Descripción Geométrica de Carreteras.
- Bassan, S. (2016). Sight distance restriction on highways' horizontal curves: insights and sensitivity analysis. *European Transport Research Review*, 8(3), 21. <https://doi.org/10.1007/s12544-016-0208-6>
- Bassan, S. (2015). Sight distance and horizontal curve aspects in the design of road tunnels vs. highways. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 45, 214–226. <https://doi.org/10.1016/J.TUST.2014.10.004>
- Batanero, C., & Godino, J. D. (2001). Análisis de datos y su didáctica, 168.

- Bíl, M., Bílová, M., & Müller, I. (2010). Critical factors in fatal collisions of adult cyclists with automobiles. *Accident Analysis and Prevention*, 42(6), 1632–1636. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.04.001>
- Boufous, S., De Rome, L., Senserrick, T., & Ivers, R. (2012). Risk factors for severe injury in cyclists involved in traffic crashes in Victoria, Australia. *Accident Analysis and Prevention*, 49, 404–409. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.03.011>
- California Department, & of Transportation. (2017). *Highway Design Manual* (6th ed.). Retrieved from http://www.dot.ca.gov/design/manuals/hdm/HDM-Cover_6th-Edition.pdf
- Campbell, J. L. (2010). *Human Factors Guidelines for Road Systems: Chapters 16, 17, 18, 19, 20, 22 (tutorials 4, 5, 6), 23 (updated), 24, 25, 26 (updated)*. Collection C (Vol. 600). Transportation Research Board.
- Caracol. (n.d.). Límite de velocidad máxima en carreteras regresaría a los 120 kilómetros por hora | Actualidad | Caracol Radio. Retrieved May 5, 2018, from http://caracol.com.co/radio/2011/04/04/nacional/1301874840_449364.html
- Castro, M., & De Santos-Berbel, C. (2015). Spatial analysis of geometric design consistency and road sight distance. *International Journal of Geographical Information Science*, 29(12), 2061–2074. <https://doi.org/10.1080/13658816.2015.1037304>
- CC El Gallo. (n.d.). Pepe Doblas, doble Campeón de Andalucía en carretera ~ Club Ciclista El Gallo. Retrieved March 11, 2019, from <http://www.ccelgallo.es/2016/06/pepe-doblas-doble-campeon-de-andalucia.html>
- Chala Gómez, J. D., Vega Parra, M. A., & Flórez Valero, C. F. (2015). Effect of sight distance on road accident occurrence. *Carreteras*, 4(204), 62–69. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84974824181&partnerID=40&md5=5a95aaae16f8720074762614d4bf255f>
- Chang, M.-S., Messer, C. J., & Santiago, A. J. (1985). Timing traffic signal change intervals based on driver behavior. *Transportation Research Record*, 1027, 20–30.
- Department of Transport. (2010). Older Drivers: A Literature Review, 25.
- Deporte. (2017). Cómo deben circular los ciclistas - 10 pasos. Retrieved May 4, 2018, from <https://deporte.uncomo.com/articulo/como-deben-circular-los-ciclistas-3681.html>
- DGT. (2016). Siniestralidad Vial. *Ministeri d'interior*, 5–12. Retrieved from <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/publicaciones/principales-cifras-siniestralidad/Las-principales-cifras-2016.pdf>
- Diario Vasco. (n.d.). «Somos tantos ciclistas en la carretera que suscitamos rabia en los conductores» | El Diario Vasco. Retrieved March 11, 2019, from

<https://www.diariovasco.com/gipuzkoa/tantos-ciclistas-carretera-20170814002350-ntvo.html>

Dirección General de Tráfico. (2017). Las principales cifras de la Siniestralidad Vial. España 2016. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.01.062>

Dirección General de Tránsito. (n.d.). Accidentes. Retrieved September 10, 2018, from <http://www.dgt.es/es/explora/en-cifras/accidentes.shtml>

Echaveguren, T., Tejada, S. V., Paredes, A., Perret, M., & Method, M. C. (2003). Metodología para Estimar Despeje Lateral en Alineamientos Horizontales Compuestos, *13*, 19–24.

El Día. (n.d.). Tenerife se posiciona como destino de "bike" y ciclismo de carretera. eldia.es. Retrieved March 11, 2019, from <https://eldia.es/tenerife/2017-10-16/5-Tenerife-posiciona-destino-bike-ciclismo-carretera.htm>

El País. (n.d.). El mapa de los accidentes de bicicleta en las carreteras | España | EL PAÍS. Retrieved September 10, 2018, from https://elpais.com/politica/2017/06/07/actualidad/1496836140_810677.html

Fambro, D. B., Fitzpatrick, K., & Koppa, R. J. (1997). *DETERMINATION OF STOPPING SIGHT DISTANCES*.

FAO. (n.d.). Medición de ángulos verticales y de pendientes. Retrieved March 13, 2018, from http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6707s/x6707s04.htm

Feng, F., Bao, S., Hampshire, R. C., & Delp, M. (2018). Drivers overtaking bicyclists—An examination using naturalistic driving data. *Accident Analysis and Prevention*, *115*, 98–109. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.03.010>

Ferrer Pérez, V. (2017). *ESTABLECIMIENTO DE PARÁMETROS DE RIESGO PARA LA SEGURIDAD DE LOS CICLISTAS DURANTE LAS MANIOBRAS DE ADELANTAMIENTO EN CARRETERAS CONVENCIONALES*. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. Retrieved from [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/86188/Ferrer - Establecimiento de parámetros de riesgo para la seguridad de los ciclistas durante las m....pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/86188/Ferrer_Establecimiento_de_parámetros_de_riesgo_para_la_seguridad_de_los_ciclistas_durante_las_m....pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Fiscalab. (n.d.). Fuerzas y Movimiento en un Plano Inclinado. Retrieved March 9, 2018, from <https://www.fiscalab.com/apartado/fuerzas-planos-inclinados#contenidos>

Fitzpatrick, K., Lienau, T., & Fambro, D. B. (1998). Driver eye and vehicle heights for use in geometric design. *Transportation Research Record*. Texas Transportation Institute, College Station, TX 77843-3136, United States: National Research Council. <https://doi.org/10.3141/1612-01>

- Gargoum, S. A., Tawfeek, M. H., El-Basyouny, K., & Koch, J. C. (2018). Available sight distance on existing highways: Meeting stopping sight distance requirements of an aging population. *Accident Analysis & Prevention, 112*, 56–68. <https://doi.org/10.1016/J.AAP.2018.01.001>
- Gavran, D., Fric, S., Ilić, V., & Trpčevski, F. (2016). Sight distance analyses in road design process: Serbian practice. *Transport, 31*(2), 250–259. <https://doi.org/10.3846/16484142.2016.1193052>
- Gazis, D., Herman, R., & Maradudin, A. (1960). The Problem of the Amber Signal Light in Traffic Flow. *Operations Research, 8*(1), 112–132. <https://doi.org/10.1287/opre.8.1.112>
- Geniolandia. (n.d.). Cómo convertir porcentajes en grados. Retrieved March 13, 2018, from <https://www.geniolandia.com/13087728/como-convertir-porcentajes-en-grados>
- Gómez, S. T. (2016). *ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS DE CICLISTAS EN PUERTOS DE MONTAÑA DE CARRETERAS CONVENCIONALES. MEJORA DE LA SEÑALIZACIÓN EN TRAMOS CURVOS CONFLICTIVOS DE LA CV-310, ENTRE EL PK 21+000 Y EL PK 32+450 (TT.MM. DE SERRA, TORRES TORRES Y ALGIMIA. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA.*
- González, B. (2018). *DESARROLLO DE MODELOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS EN CARRETERAS CONVENCIONALES A PARTIR DE DATOS NATURALÍSTICOS. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA.*
- Harwood, D. W., & Bauer, K. M. (2015). Effect of stopping sight distance on crashes at crest vertical curves on rural two-lane highways. *Transportation Research Record*. MRIGlobal, 425 Volker Boulevard, Kansas City, MO, United States: National Research Council. <https://doi.org/10.3141/2486-06>
- Hassan, Y., & Easa, S. M. (1998). Design considerations of sight distance red zones on crest curves. *Journal of Transportation Engineering, 124*(4), 343–352. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(1998\)124:4\(343\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(1998)124:4(343))
- Hassan, Y., Easa, S. M., & Abd El Halim, A. O. (1997). Design considerations for combined highway alignments. *Journal of Transportation Engineering, 123*(1), 60–68. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(1997\)123:1\(60\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(1997)123:1(60))
- Hatfield, J., Poulos, R. G., Rissel, C., Flack, L. K., Grzebieta, R., McIntosh, A. S., & Murphy, S. (2018). Factors associated with cyclists' self-reported choice of lane position. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 55*, 403–414. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.03.016>
- Ibrahim, S. E., Sayed, T., & Ismail, K. (2012). Methodology for safety optimization of highway cross-sections for horizontal curves with restricted sight distance. *Accident Analysis & Prevention, 49*, 476–485. <https://doi.org/10.1016/J.AAP.2012.03.016>

- Ibrahim, S. E.-B., & Sayed, T. (2011). Developing safety performance functions incorporating reliability-based risk measures. *Accident Analysis & Prevention*, 43(6), 2153–2159. <https://doi.org/10.1016/J.AAP.2011.06.006>
- Ismail, K., & Sayed, T. (2009). Risk-based framework for accommodating uncertainty in highway geometric design. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 36(5), 743–753. <https://doi.org/10.1139/L08-146>
- Ivan, J. N., Pasupathy, R. K., & Ossenbruggen, P. J. (1999). Differences in causality factors for single and multi-vehicle crashes on two-lane roads. *Accident Analysis and Prevention*, 31(6), 695–704. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(99\)00030-5](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(99)00030-5)
- Jian-Hua, Y., Yang, W., Qing, M., & Zhiyong, Z. (2015). A Method to Design Weather-Responsive Speed Limit Subject to Visible Distance in the Absence of Road Surface Friction Coefficient. In *2015 8th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA)* (pp. 36–39). <https://doi.org/10.1109/ICICTA.2015.18>
- Johansson, G., & Rumar, K. (1971). Drivers' Brake Reaction Times. *Human Factors*, 13(1), 23–27. <https://doi.org/10.1177/001872087101300104>
- Jung, J., Olsen, M. J., Hurwitz, D. S., Kashani, A. G., & Buker, K. (2018). 3D virtual intersection sight distance analysis using lidar data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 86, 563–579. <https://doi.org/10.1016/J.TRC.2017.12.004>
- Kahl, K. B., & Fambro, D. B. (1995). Investigation of object-related accidents affecting stopping sight distances. *Transportation Research Record*, (1500), 25–30. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0029333531&partnerID=40&md5=f86c69291c73e73268d1354c010ec8b3>
- Kang, M.-W., Shariat, S., & Jha, M. K. (2013). New highway geometric design methods for minimizing vehicular fuel consumption and improving safety. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 31, 99–111. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2013.03.002>
- Kondo, M. C., Morrison, C., Guerra, E., Kaufman, E. J., & Wiebe, D. J. (2018). Where do bike lanes work best? A Bayesian spatial model of bicycle lanes and bicycle crashes. *Safety Science*, 103, 225–233. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2017.12.002>
- La Vanguardia. (n.d.). La DGT registró en 2017 3.800 accidentes de tráfico con bicicletas implicadas, en los que fallecieron 44 ciclistas. Retrieved September 10, 2018, from <https://www.lavanguardia.com/vida/20180502/443185710495/la-dgt-registro-en-2017-3800-accidentes-de-trafico-con-bicicletas-implicadas-en-los-que-fallecieron-44-ciclistas.html>
- La voz de Galicia. (n.d.). Tráfico identifica 12 tramos ciclistas seguros en las carreteras de Galicia. Retrieved May 5, 2018, from

<https://www.lavozdeg Galicia.es/noticia/galicia/2017/07/27/trafico-identifica-12tramos-ciclistas-seguros-carreteras-galicia/00031501143897762714373.htm>

Layton, R., & Dixon, K. (2012). Stopping sight distance. *Kiewit Center for Infrastructure and Transportation, Oregon Department of Transportation.*

Lee, S., Park, J., Jung, K., Yang, X., & You, H. (2017). Development of statistical models for predicting a driver's hip and eye locations (Vol. 2017-October, pp. 501–504). Department of Industrial and Management Engineering, Pohang University of Science and Technology, Pohang, South Korea: Human Factors and Ergonomics Society Inc. <https://doi.org/10.1177/1541931213601610>

Ley sobre Tráfico, C. de V. a M. y S. V. Real Decreto 1428/2003, de 21 noviembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Circulación para la aplicación y desarrollo del texto articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, aprobado por el Real Decreto (2003). Madrid. Retrieved from http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/normativa-legislacion/reglamento-trafico/2015/reglamento_trafico184.pdf

Llorca, C. (2015). *Análisis del adelantamiento en carreteras convencionales y propuesta de modelos para la mejora del diseño y de la señalización de las mismas*. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. Retrieved from [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/49616/Llorca - Análisis del adelantamiento en carreteras convencionales y propuesta de modelos para lapdf?sequence=10&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/49616/Llorca_-_Análisis_del_adelantamiento_en_carreteras_convencionales_y_propuesta_de_modelos_para_la_....pdf?sequence=10&isAllowed=y)

Mantilla Lobatón, L. H. G. (2017). CALCULO DE DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA CARRETERAS DE BAJAS ESPECIFICACIONES GEOMÉTRICAS, (May).

Marín Puchades, V., Fassina, F., Fraboni, F., De Angelis, M., Prati, G., de Waard, D., & Pietrantoni, L. (2018). The role of perceived competence and risk perception in cycling near misses. *Safety Science, 105*, 167–177. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.02.013>

Martínez-Ruiz, V., Lardelli-Claret, P., Jiménez-Mejías, E., Amezcua-Prieto, C., Jiménez-Moleón, J. J., & Luna Del Castillo, J. D. D. (2013). Risk factors for causing road crashes involving cyclists: An application of a quasi-induced exposure method. *Accident Analysis and Prevention, 51*, 228–237. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.11.023>

Matos, E. S., & Larocca, A. P. C. (2012). Study of visibility and the position of barrier lines on two-way highways. In *Accidents: Risk Factors, Health Outcomes and Safety Measures* (pp. 201–214). Department of Transportation Engineering, Polytechnic School, University of São Paulo, Brazil: Nova Science Publishers, Inc. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84891967995&partnerID=40&md5=629b532cdee62566a2290b16465e5dbc>

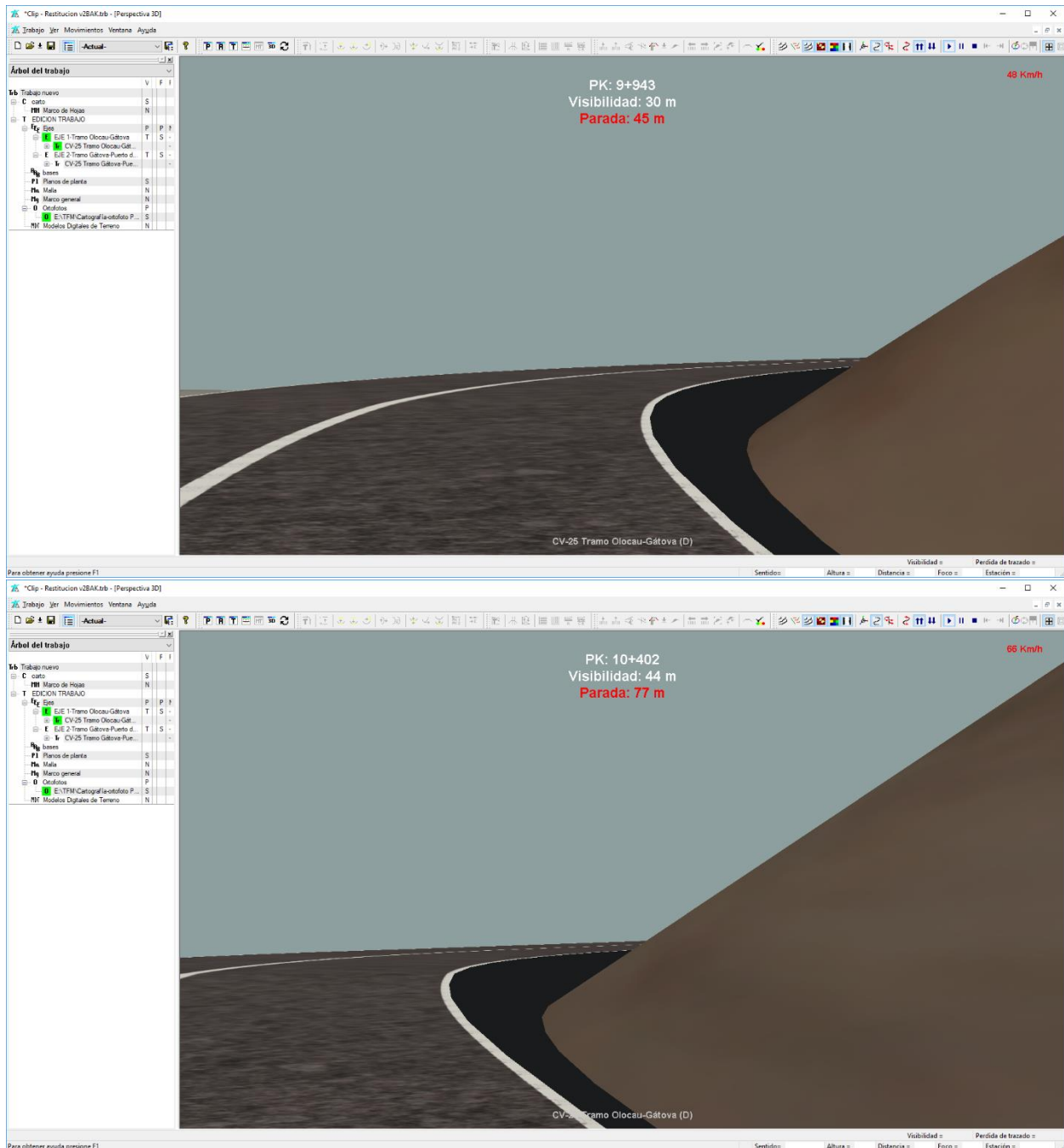
- Mauga, T. (2014). Horizontal clearance offsets to objects higher than sight lines. *Transportation Research Record*. Department of Civil and Environmental Engineering, United Arab Emirates University, P.O. Box 15551, Al Ain, Abu Dhabi, United Arab Emirates: National Research Council. <https://doi.org/10.3141/2436-03>
- Merkabici. (n.d.). Vídeo denuncia de un adelantamiento prohibido a ciclistas. - MerKabici. Retrieved May 5, 2018, from <https://www.merkabici.es/blog/video-denuncia-de-una-adelantamiento-prohibido-a-ciclistas/>
- Ministerio de Fomento. (2016). *Instrucción de Carreteras. Norma 3.1-IC*.
- Ministerio de Obras Públicas de Ecuador. (n.d.). MTOP concluyó señalización de ciclovías en vías de Santo Domingo de los Tsáchilas – Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Retrieved May 5, 2018, from <http://www.obraspublicas.gob.ec/mtop-concluyo-senalizacion-de-ciclovias-en-vias-de-santo-domingo-de-los-tsachilas/>
- Nasiri, M., & Pourmajidian, M. R. (2014). Effects of vegetation type and horizontal curve radius on the rate of tree pruning to provide line of sight on main access roads. *Journal of Forest Science*, 60(5), 208–211.
- Normann, O. K. (1953). Braking distances of vehicles from high speeds. In *Highway Research Board Proceedings* (Vol. 32).
- Oregon Department of Transportation. (2012). *Highway Design Manual*. Oregon. Retrieved from http://www.oregon.gov/ODOT/Engineering/Documents_RoadwayEng/HDM_00-Cover-page.pdf
- Pardillo Mayora, J. M., & Llamas Rubio, R. (2003). Correlation of the characteristics of two-lane roads and the accident rate. *Carreteras*, 4(125), 7–16. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-7244221352&partnerID=40&md5=f2fad8e93d32c96fae66a8efa4294e03>
- Peng, Y., Geedipally, S., & Lord, D. (2012). Effect of roadside features on single-vehicle roadway departure crashes on rural two-lane roads. *Transportation Research Record*. Zachry Department of Civil Engineering, Texas A and M University, 3136 TAMU, College Station, TX 77843-3136, United States. <https://doi.org/10.3141/2309-03>
- Raymond A. Serwey, J. W. J. (2004). *Physics for Scientists and Engineers. Vasa*.
- Roussiamanis, N., Kaltsounis, A., Vardaki, S., & Kanellaidis, G. (2013). A review of stopping sight distance in road design guidelines. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Transport*, 166(5), 305–312. <https://doi.org/10.1680/tran.11.00049>
- Sivak, M., Olson, P. L., & Farmer, K. M. (1982). Radar-measured reaction times of unalerted drivers to brake signals. *Perceptual and Motor Skills*, 55(HS-036 264).

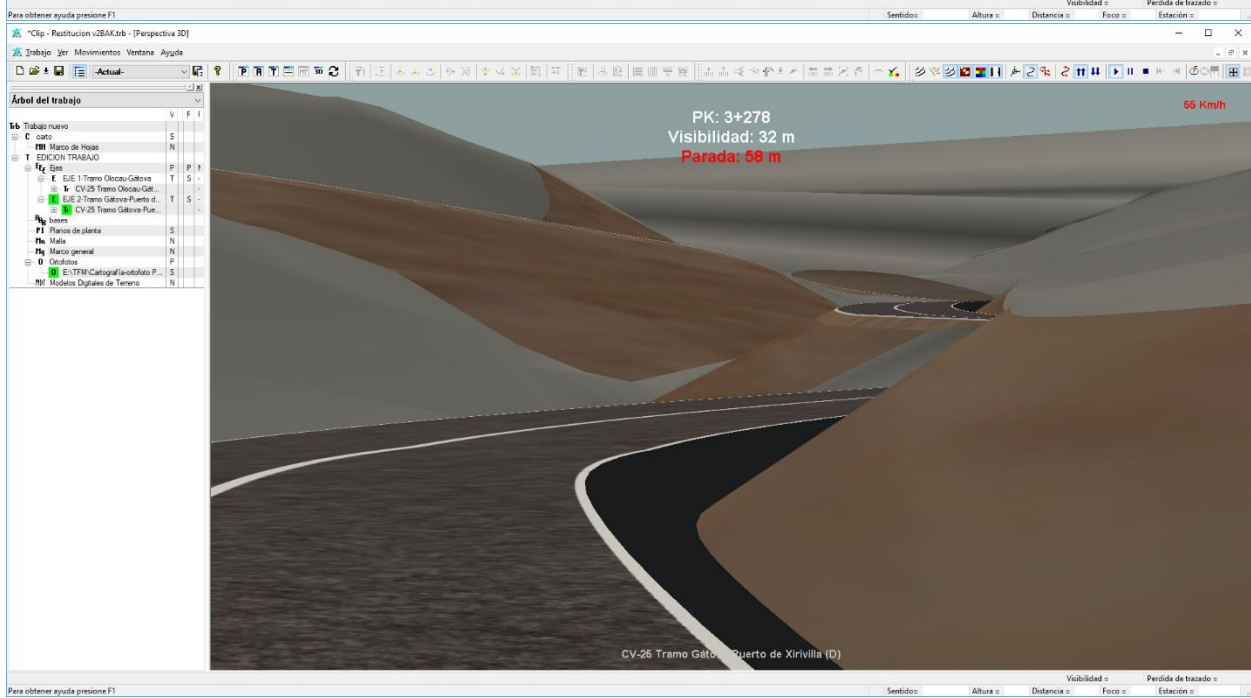
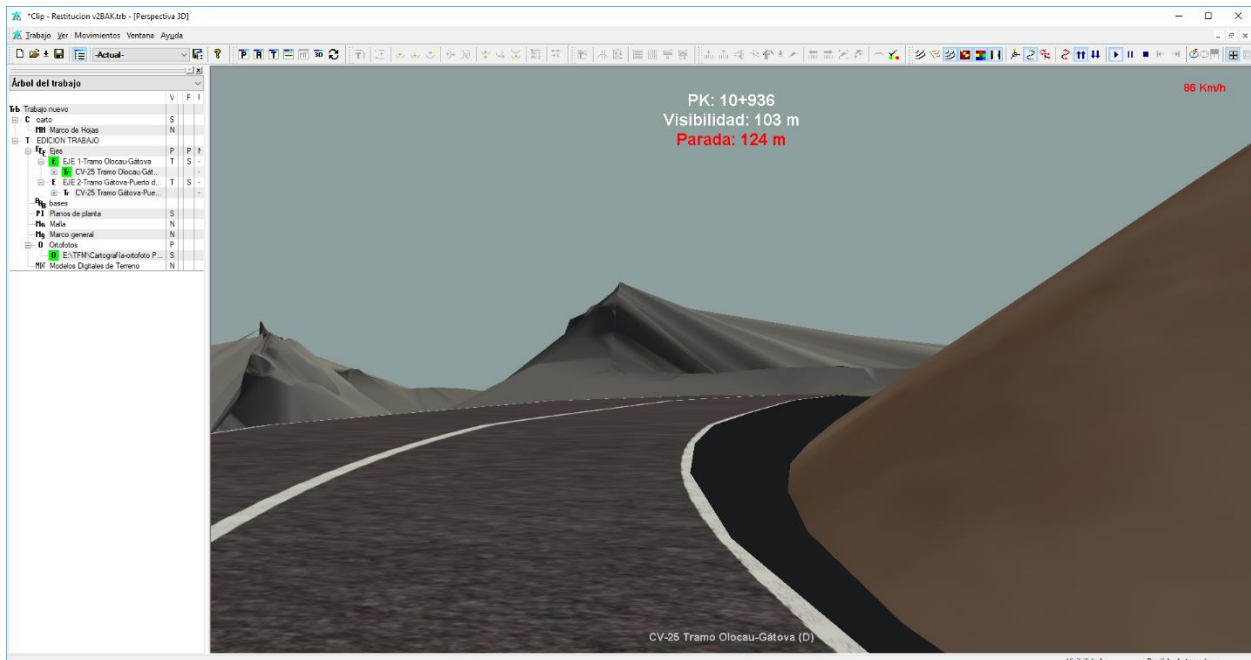
- Smiley, A. (2000). Driver abilities as a basis for design standards. In M. D., K. G., B. F.M., R. R.K., & E. S. (Eds.) (p. 285). Human Factors North Inc., Toronto, Canada. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-21844432955&partnerID=40&md5=a1dfc5a9dabb72700807ecde53446b5e>
- Sun, L., & You, K.-S. (2013). Reliability-based risk analysis of vehicle moving on curved sections considering multiple failure modes. *Zhongguo Gonglu Xuebao/China Journal of Highway and Transport*, 26(4), 36–42. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84882933086&partnerID=40&md5=e4509b1f99d0279bbea4d76003dbb5d5>
- Technology., M. I. of. (1935). Report of the Massachusetts highway accident survey, CWA and ERA project. [Boston, Mass.? pref. Retrieved from <file://catalog.hathitrust.org/Record/001108978>
- Tin Tin, S., Woodward, A., & Ameratunga, S. (2013). Incidence, risk, and protective factors of bicycle crashes: Findings from a prospective cohort study in New Zealand. *Preventive Medicine*, 57(3), 152–161. <https://doi.org/10.1016/j.jypmed.2013.05.001>
- Todd, J. J., Bui, Y. C., Tavassoli, A., & Krauss, D. A. (2017). Quantitative Method for Estimating Driver Eye Height. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 61(1), 1443–1446. <https://doi.org/10.1177/1541931213601846>
- U.S. Department of Transportation. (n.d.). Factors Contributing to Pedestrian and Bicycle Crashes on Rural Highways. Retrieved from <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/10052/10052.pdf>
- Ungría, M. C., & García, A. (2015). *NUEVA METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE DISTANCIAS DE VISIBILIDAD DISPONIBLES EN CARRETERAS EXISTENTES BASADA EN DATOS LIDAR TERRESTRE*. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA.
- Universidad de Valencia. (2014). Análisis de la siniestralidad en ciclistas. Retrieved from www.uv.es/facthum
- Washington State Department of Transportation. (2018). *Highway Design Manual*. Washington. Retrieved from <https://www.wsdot.wa.gov/Publications/Manuals/M22-01.htm>
- Wikipedia. (n.d.). CV-25. Retrieved November 12, 2018, from <https://es.wikipedia.org/wiki/CV-25>
- Wood, J. S., & Donnell, E. T. (2014). Stopping sight distance and horizontal sight line offsets at horizontal curves. *Transportation Research Record*. Department of Civil and Environmental Engineering, Pennsylvania State University, 231 Sackett Building, University Park, PA, United States: National Research Council. <https://doi.org/10.3141/2436-05>

- Wortman, R. H., & Matthias, J. S. (1983). Evaluation of driver behavior at signalized intersections (discussion), No. *HS-036*, 164.
- Wu, L., Chu, J., Ci, Y., Feng, S., & Liu, X. (2015). Engineering solutions to enhance traffic safety performance on two-lane highways. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/762379>
- Xia, R. X., Wu, D. H., He, J., Liu, Y., & Shi, D. F. (2016). A New Model of Stopping Sight Distance of Curve Braking Based on Vehicle Dynamics. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/4260705>
- Xu, C., Bao, J., Liu, P., & Wang, W. (2018). Investigation of contributing factors to extremely severe traffic crashes using survival theory. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 25(2), 141–153. <https://doi.org/10.1080/17457300.2017.1363784>

10. Anexos

10.1. Capturas de pantalla del programa CLIP de TOOL, S.A.: ejemplos de pérdida de visibilidad en curvas





10.2. Relación de vehículos turismos y sus pesos en Kg

Modelo	Tara	MMA*	Masa sobrante	Masa Total*	Diferencial
Opel Mokka 1.7 CDTi 130 4x2	1531	1858	327	475	-148
Tata Aria 4x2 150	2120	2645	525	665	-140
Nissan Qashqai +2 1.6 dCi 130 7plazas	1709	2255	546	665	-119
Toyota Auris Hybrid	1480	1840	360	475	-115
Peugeot 208 1.6 e-HDi 92	1249	1625	376	475	-99
Hyundai i30 SW 1.6 CRDi 110	1542	1920	378	475	-97
Citroën C3 1.6 e-HDi 92	1246	1625	379	475	-96
Chevrolet Orlando 2.0 VCDi 130	1711	2287	576	665	-89
Lexus IS 300h	1755	2145	390	475	-85
Alfa Romeo Giulietta 1.4 TB 120	1421	1820	399	475	-76

Modelo	Tara	MMA*	Masa sobrante	Masa Total*	Diferencial
BMW X5 30d	2075	2965	890	475	415
Mercedes Benz ML 250 CDI auto	2160	2950	790	475	315
Ford Mondeo 2.0 TDCi 140	1482	2180	698	475	223
Audi A8 4.2 FSI Quattro	1835	2525	690	475	215
Land Rover Discovery 4 3.0 SDV6	2575	3240	665	475	190
Ford S-Max 2.0 TDCi 140	1661	2505	844	665	179
Land Rover Range Rover Evoque 2.2L eD4	1700	2350	650	475	175
Volkswagen Passat 2.0 Tdi 140	1457	2100	643	475	168
Mitsubishi ASX 1.8 DID 130	1420	2060	640	475	165
BMW 730d	1865	2505	640	475	165

10.3. Fotos de curvas donde existe pérdida de visibilidad





10.4. Planos



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
MÀSTER AVANZADO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO



TÍTULO DEL PROYECTO:
 ANÁLISIS DE LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES Y REQUERIDAS PARA LA CIRCULACIÓN SEGURA DE CICLISTAS EN EL PUERTO DE MONTAÑA DE LA CARRETERA CV-25. TRAMO OLOCAU-CUMBRE DEL PUERTO DE CHIRIVILLA (VALENCIA)

TÍTULO DEL PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 1

AUTOR:
 FERNANDO BLANCO CASTILLO

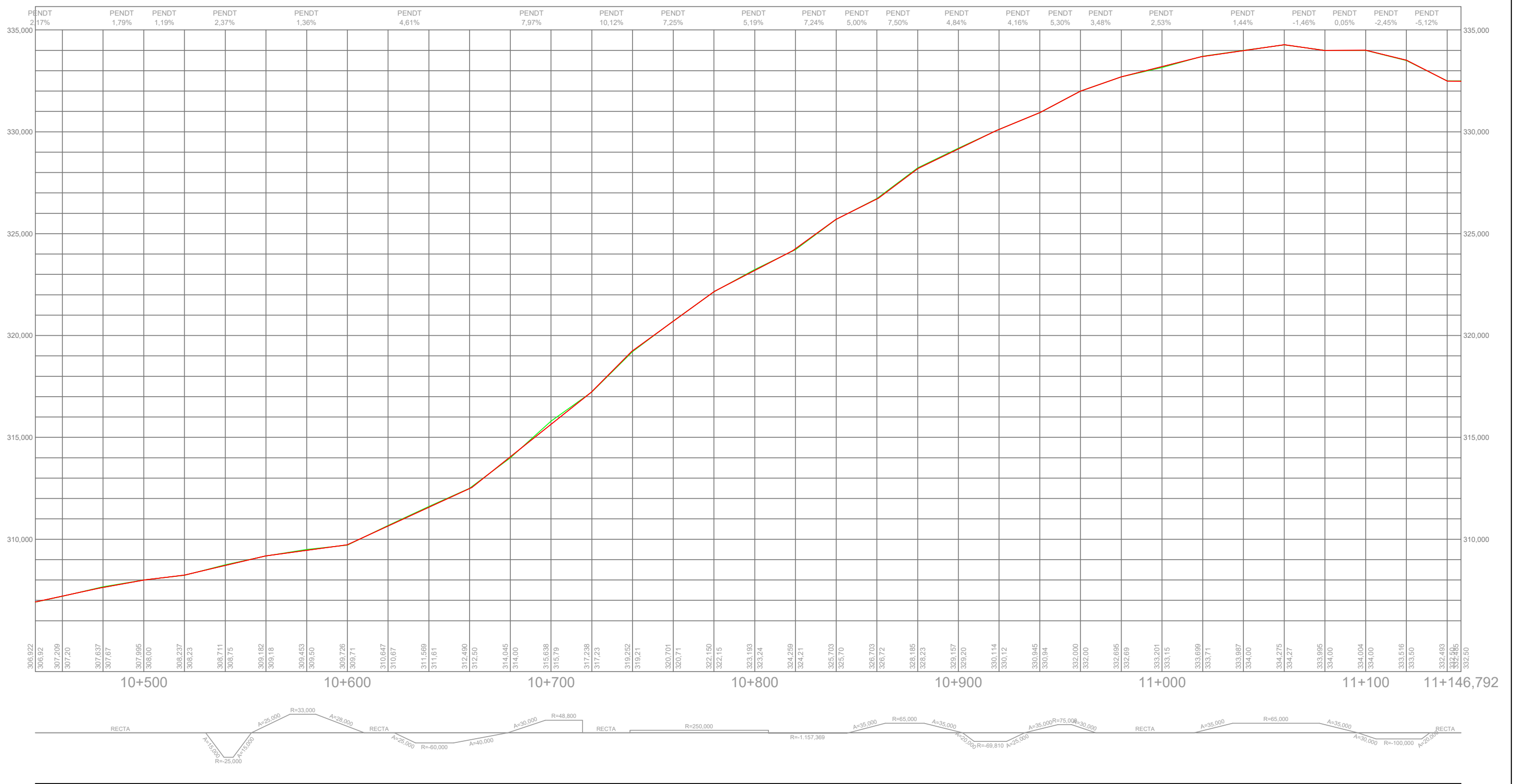
ESCALA:
 X: 1:1000
 Y: 1:100

FECHA:
 Julio 2019

Nº DEL PLANO:
 1/15

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
 MÁSTER AVANZADO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO



TÍTULO DEL PROYECTO:
 ANÁLISIS DE LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES Y REQUERIDAS PARA LA CIRCULACIÓN SEGURA DE CICLISTAS EN EL PUERTO DE MONTAÑA DE LA CARRETERA CV-25. TRAMO OLOCAU-CUMBRE DEL PUERTO DE CHIRIVILLA (VALENCIA)

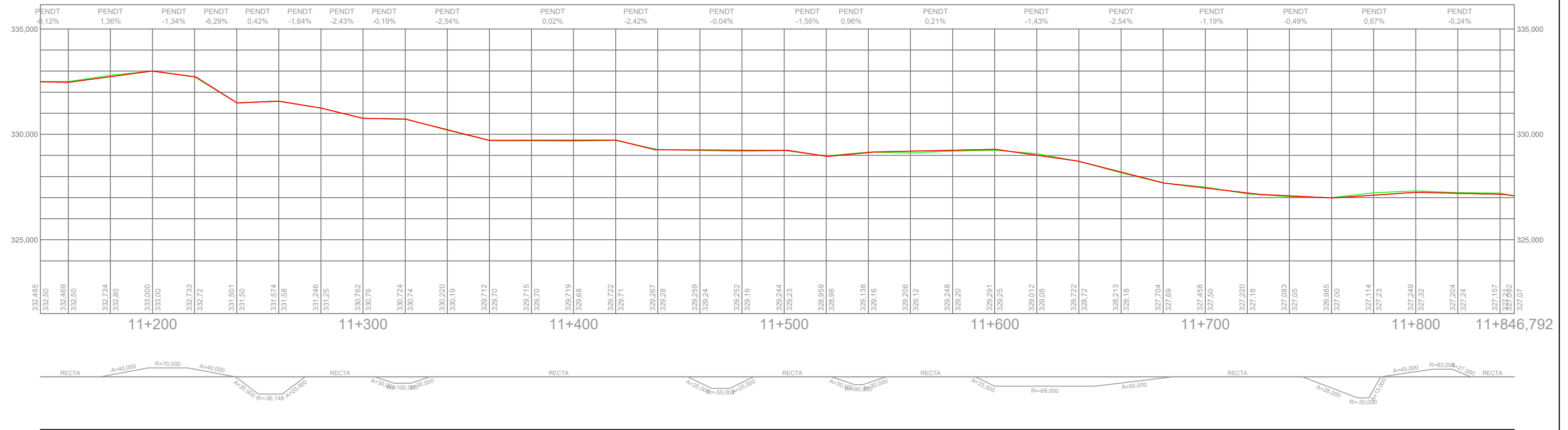
TÍTULO DEL PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 1

AUTOR:
 FERNANDO BLANCO CASTILLO

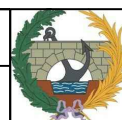
ESCALA:
 X: 1:1000
 Y: 1:100

FECHA:
 Julio 2019

Nº DEL PLANO:
 2/15



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
MÁSTER AVANZADO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO



TÍTULO DEL PROYECTO:
ANÁLISIS DE LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES Y REQUERIDAS PARA LA CIRCULACIÓN SEGURA DE CICLISTAS EN EL PUERTO DE MONTAÑA DE LA CARRETERA CV-25. TRAMO OLOCAU-CUMBRE DEL PUERTO DE CHIRIVILLA (VALENCIA)

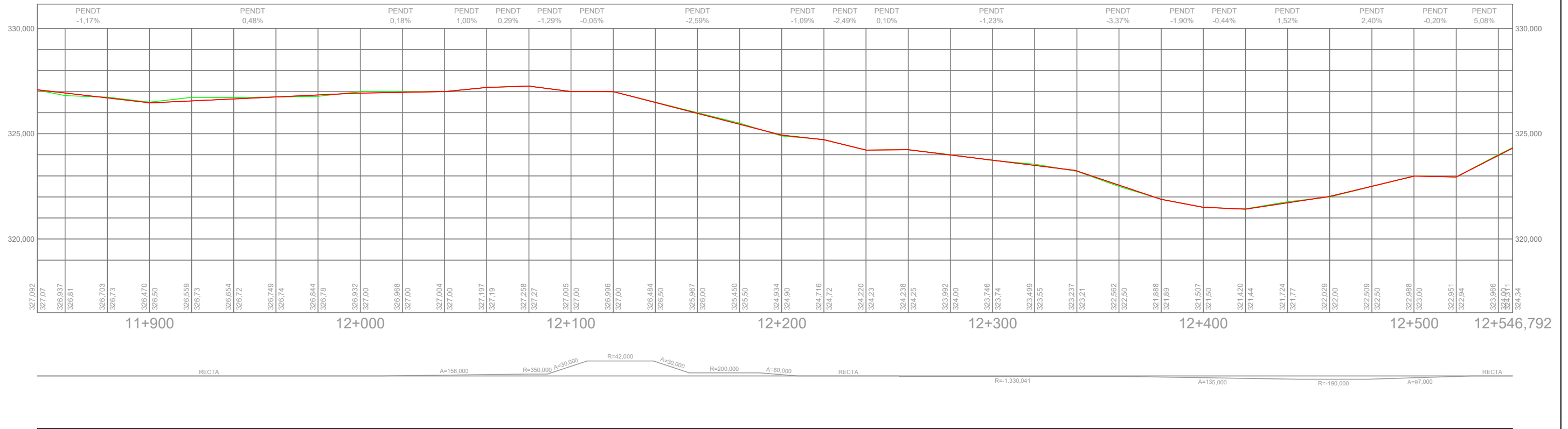
TÍTULO DEL PLANO:
PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 1

AUTOR:
FERNANDO BLANCO CASTILLO

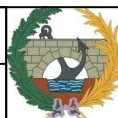
ESCALA:
X: 1:1000
Y: 1:100

FECHA:
Julio 2019

Nº DEL PLANO:
3/15



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
 MÁSTER AVANZADO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO



TÍTULO DEL PROYECTO:
 ANÁLISIS DE LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES Y REQUERIDAS PARA LA CIRCULACIÓN SEGURA DE CICLISTAS EN EL PUERTO DE MONTAÑA DE LA CARRETERA CV-25. TRAMO OLOCAU-CUMBRE DEL PUERTO DE CHIRIVILLA (VALENCIA)

TÍTULO DEL PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 1

AUTOR:
 FERNANDO BLANCO CASTILLO

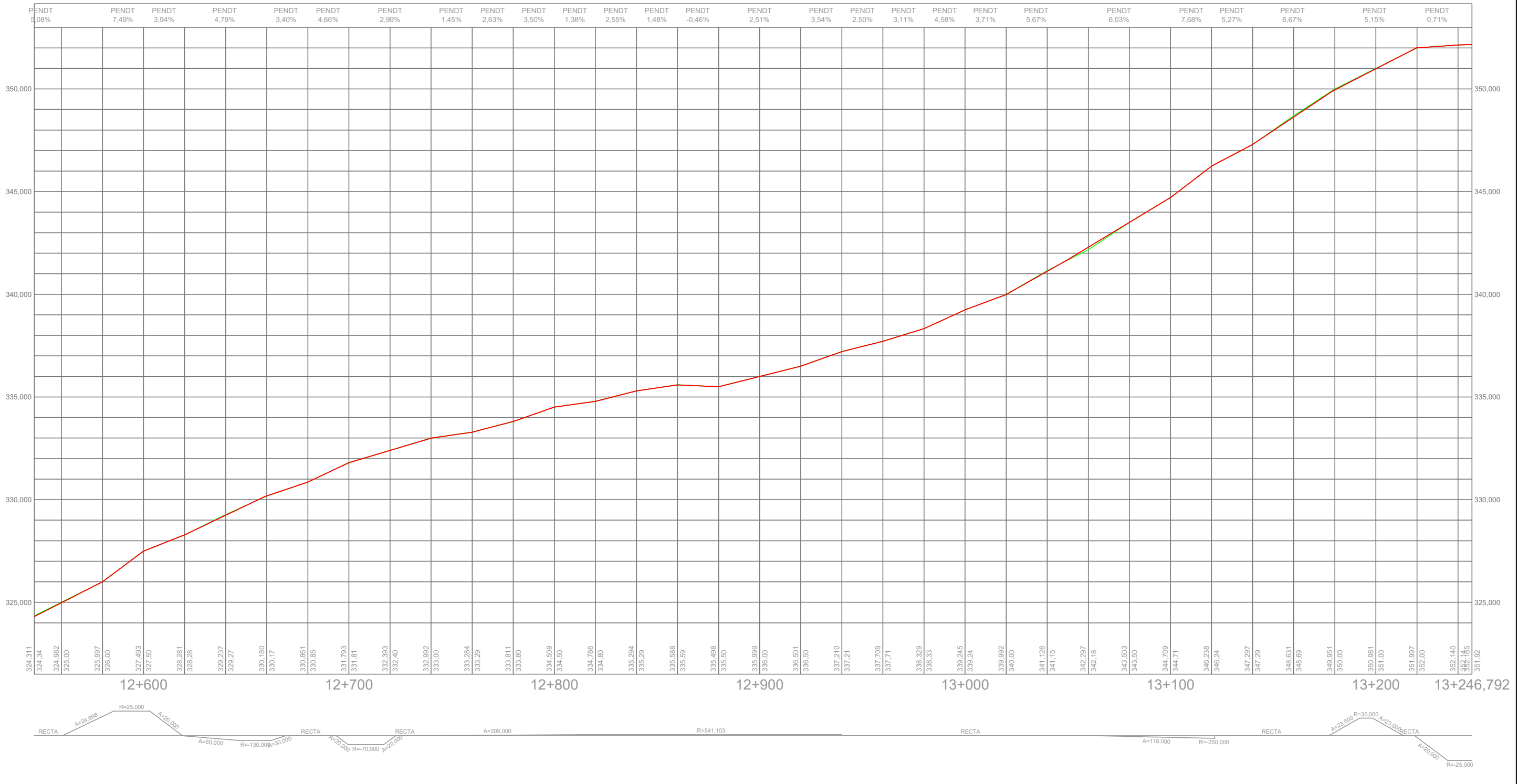
ESCALA:
 X: 1:1000
 Y: 1:100

FECHA:
 Julio 2019

Nº DEL PLANO:
 4/15

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
MÁSTER AVANZADO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO



TÍTULO DEL PROYECTO:
 ANÁLISIS DE LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES Y REQUERIDAS PARA LA CIRCULACIÓN SEGURA DE CICLISTAS EN EL PUERTO DE MONTAÑA DE LA CARRETERA CV-25. TRAMO OLOCAU-CUMBRE DEL PUERTO DE CHIRIVILLA (VALENCIA)

TÍTULO DEL PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 1

AUTOR:
 FERNANDO BLANCO CASTILLO

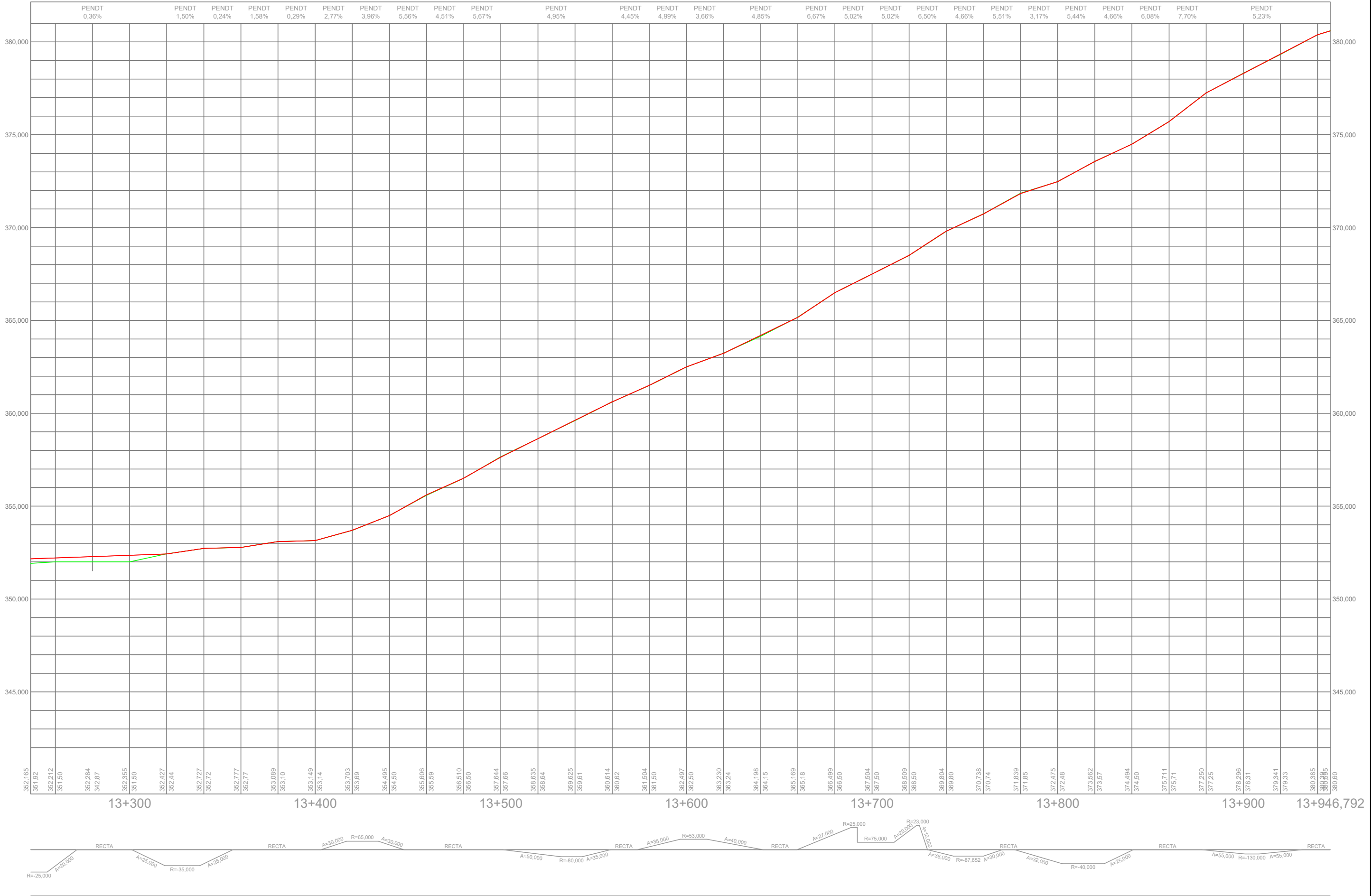
ESCALA:
 X: 1:1000
 Y: 1:100

FECHA:
 Julio 2019

Nº DEL PLANO:
 5/15

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
MÁSTER AVANZADO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO



TÍTULO DEL PROYECTO:
 ANÁLISIS DE LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES Y REQUERIDAS PARA LA CIRCULACIÓN SEGURA DE CICLISTAS EN EL PUERTO DE MONTAÑA DE LA CARRETERA CV-25. TRAMO OLOCAU-CUMBRE DEL PUERTO DE CHIRIVILLA (VALENCIA)

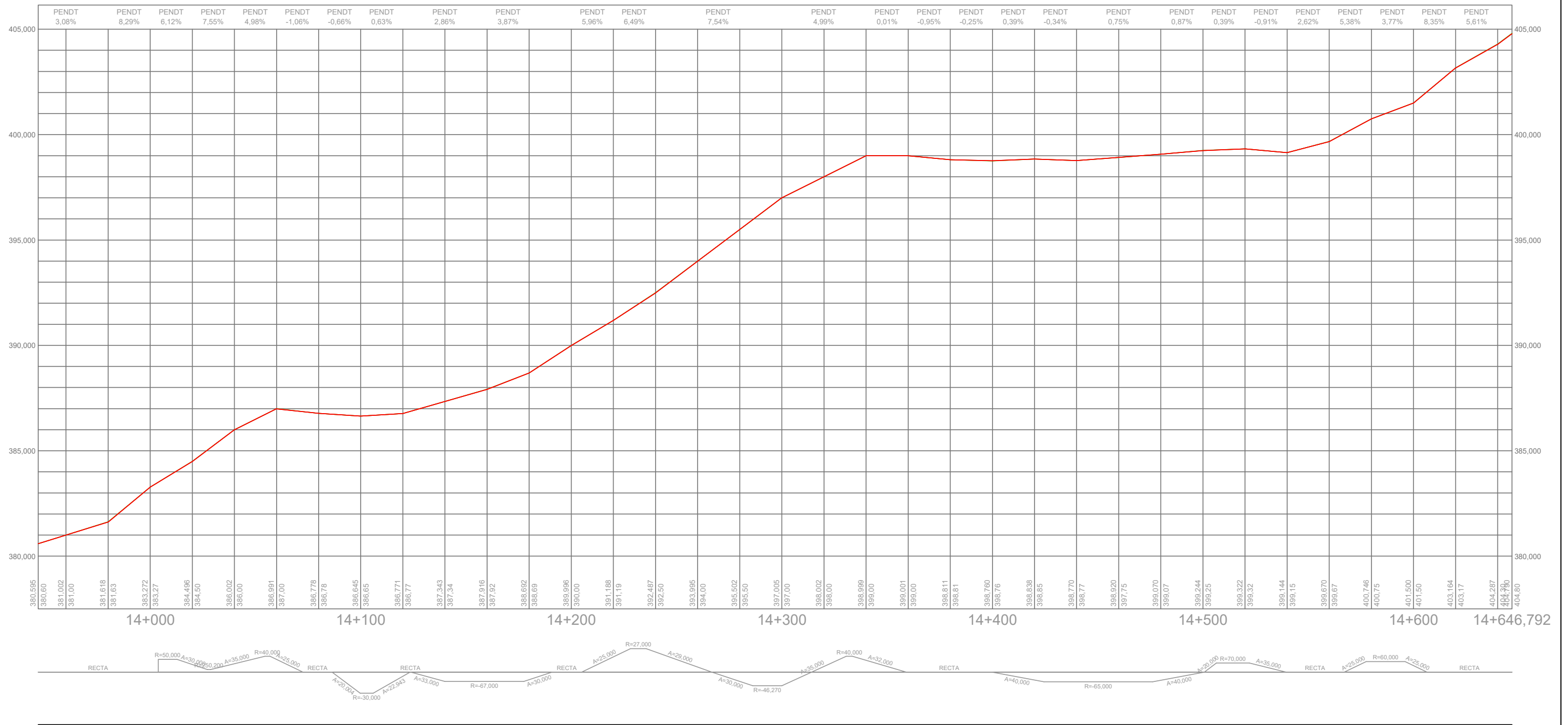
TÍTULO DEL PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 1

AUTOR:
 FERNANDO BLANCO CASTILLO

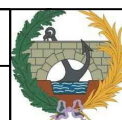
ESCALA:
 X: 1:1000
 Y: 1:100

FECHA:
 Julio 2019

Nº DEL PLANO:
 6/15



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
 MÁSTER AVANZADO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO



TÍTULO DEL PROYECTO:
 ANÁLISIS DE LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES Y REQUERIDAS PARA LA CIRCULACIÓN
 SEGURA DE CICLISTAS EN EL PUERTO DE MONTAÑA DE LA CARRETERA CV-25. TRAMO
 OLOCAU-CUMBRE DEL PUERTO DE CHIRIVILLA (VALENCIA)

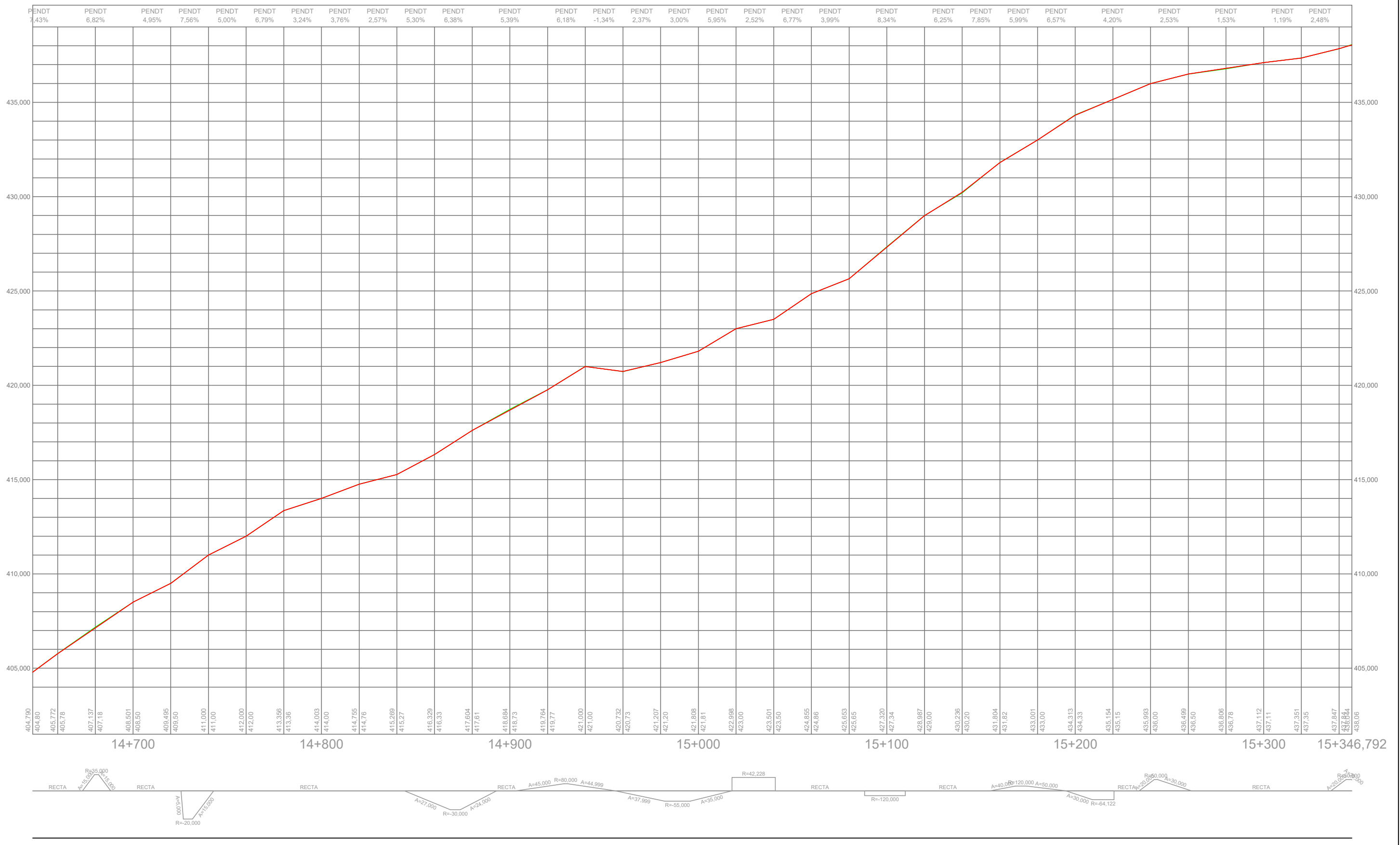
TÍTULO DEL PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 1

AUTOR:
 FERNANDO BLANCO CASTILLO

ESCALA:
 X: 1:1000
 Y: 1:100

FECHA:
 Julio 2019

Nº DEL PLANO:
 7/15



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
MÁSTER AVANZADO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO



TÍTULO DEL PROYECTO:
 ANÁLISIS DE LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES Y REQUERIDAS PARA LA CIRCULACIÓN SEGURA DE CICLISTAS EN EL PUERTO DE MONTAÑA DE LA CARRETERA CV-25. TRAMO OLOCAU-CUMBRE DEL PUERTO DE CHIRIVILLA (VALENCIA)

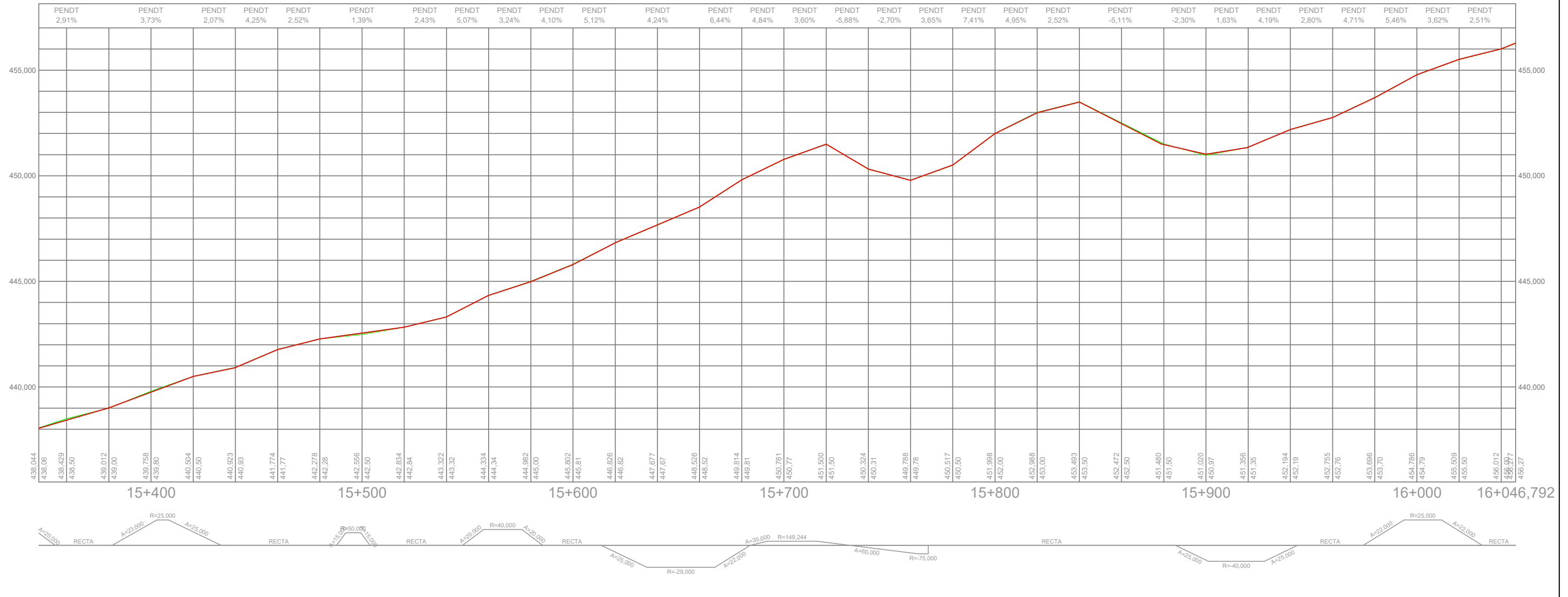
TÍTULO DEL PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 1

AUTOR:
 FERNANDO BLANCO CASTILLO

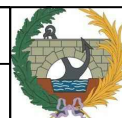
ESCALA:
 X: 1:1000
 Y: 1:100

FECHA:
 Julio 2019

Nº DEL PLANO:
 8/15



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
MÁSTER AVANZADO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO



TÍTULO DEL PROYECTO:
ANÁLISIS DE LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES Y REQUERIDAS PARA LA CIRCULACIÓN SEGURA DE CICLISTAS EN EL PUERTO DE MONTAÑA DE LA CARRETERA CV-25. TRAMO OLOCAU-CUMBRE DEL PUERTO DE CHIRIVILLA (VALENCIA)

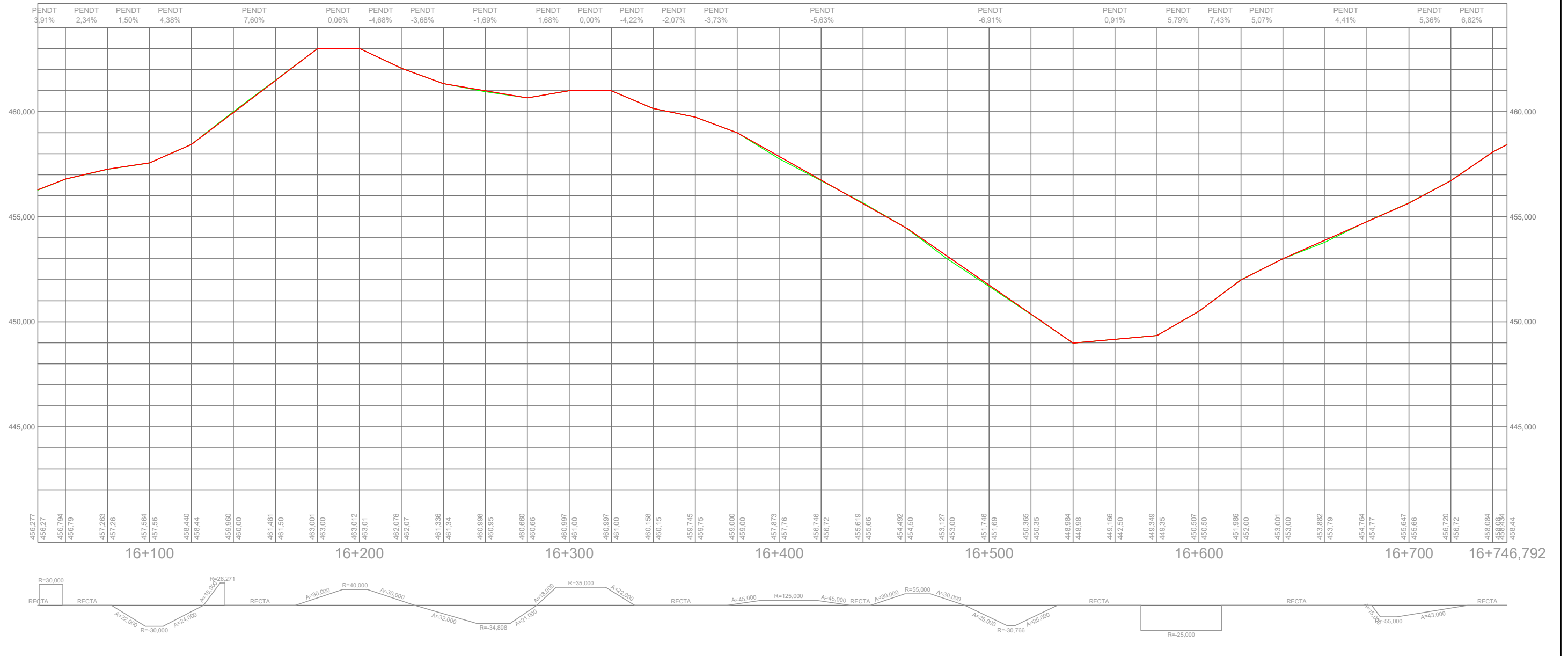
TÍTULO DEL PLANO:
PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 1

AUTOR:
FERNANDO BLANCO CASTILLO

ESCALA:
X: 1:1000
Y: 1:100

FECHA:
Julio 2019

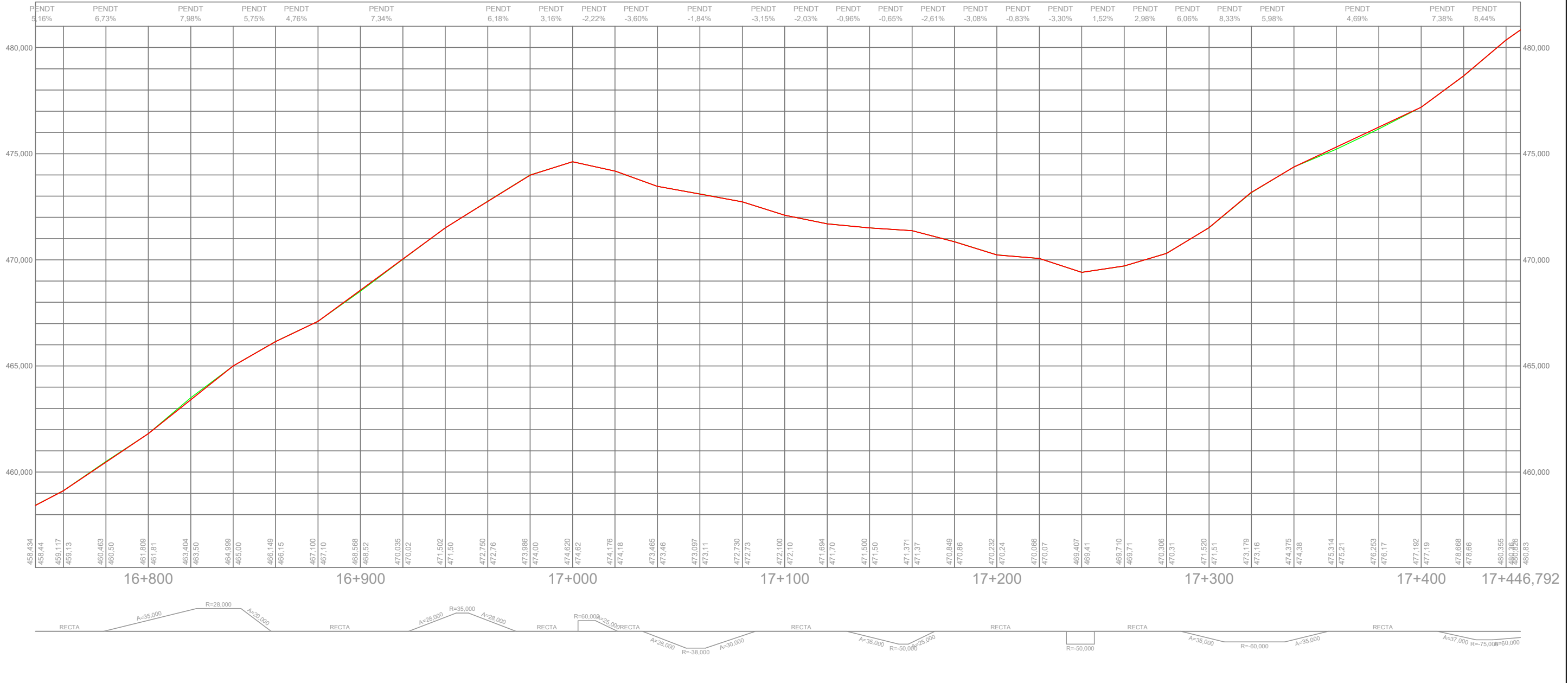
Nº DEL PLANO:
9/15



	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		TÍTULO DEL PROYECTO: ANÁLISIS DE LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES Y REQUERIDAS PARA LA CIRCULACIÓN SEGURA DE CICLISTAS EN EL PUERTO DE MONTAÑA DE LA CARRETERA CV-25. TRAMO OLOCAU-CUMBRE DEL PUERTO DE CHIRIVILLA (VALENCIA)	TÍTULO DEL PLANO: PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 1	AUTOR: FERNANDO BLANCO CASTILLO	ESCALA: X: 1:1000 Y: 1:100	FECHA: Julio 2019	Nº DEL PLANO: 10/15
	MÁSTER AVANZADO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO							

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
 MÁSTER AVANZADO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO



TÍTULO DEL PROYECTO:
 ANÁLISIS DE LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES Y REQUERIDAS PARA LA CIRCULACIÓN SEGURA DE CICLISTAS EN EL PUERTO DE MONTAÑA DE LA CARRETERA CV-25. TRAMO OLOCAU-CUMBRE DEL PUERTO DE CHIRIVILLA (VALENCIA)

TÍTULO DEL PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 1

AUTOR:
 FERNANDO BLANCO CASTILLO

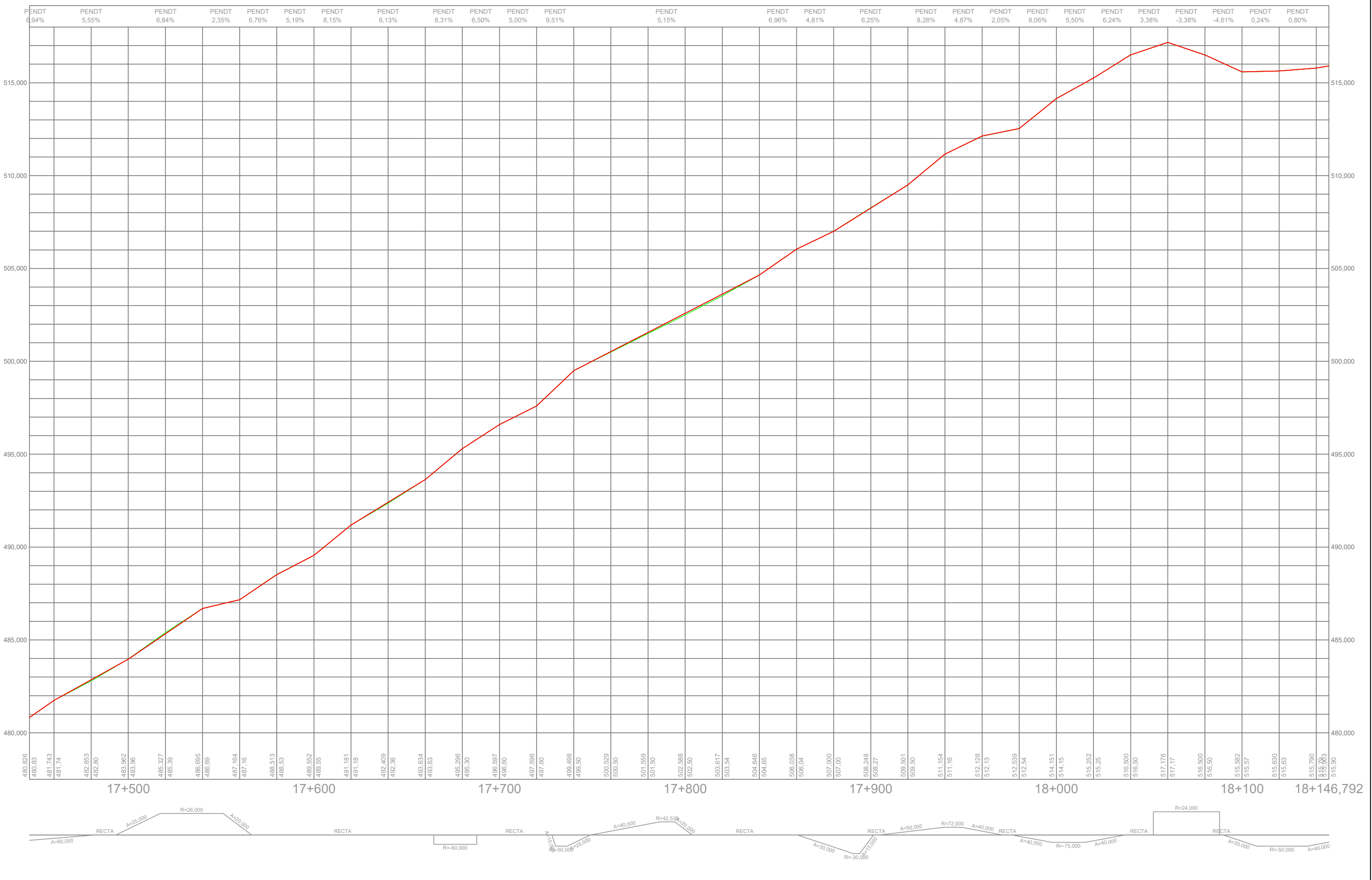
ESCALA:
 X: 1:1000
 Y: 1:100

FECHA:
 Julio 2019

Nº DEL PLANO:
 11/15

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
MÁSTER AVANZADO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO



TÍTULO DEL PROYECTO:
 ANÁLISIS DE LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES Y REQUERIDAS PARA LA CIRCULACIÓN SEGURA DE CICLISTAS EN EL PUERTO DE MONTAÑA DE LA CARRETERA CV-25. TRAMO OLOCAU-CUMBRE DEL PUERTO DE CHIRIVILLA (VALENCIA)

TÍTULO DEL PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 1

AUTOR:
 FERNANDO BLANCO CASTILLO

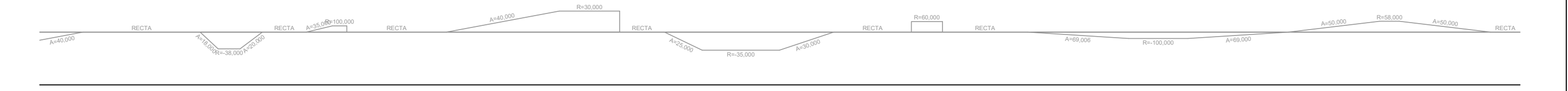
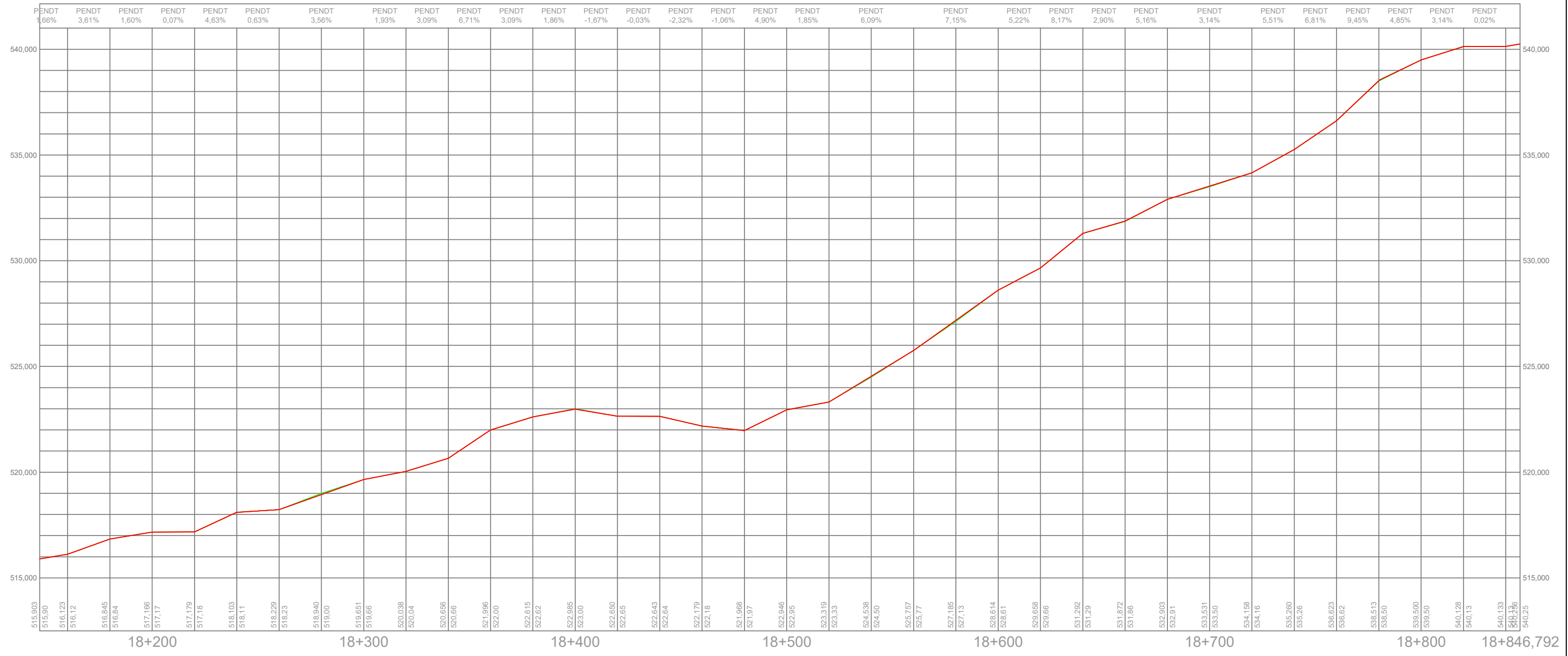
ESCALA:
 X: 1:1000
 Y: 1:100

FECHA:
 Julio 2019

Nº DEL PLANO:
 12/15

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
MÁSTER AVANZADO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO



TÍTULO DEL PROYECTO:
 ANÁLISIS DE LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES Y REQUERIDAS PARA LA CIRCULACIÓN SEGURA DE CICLISTAS EN EL PUERTO DE MONTAÑA DE LA CARRETERA CV-25. TRAMO OLOCAU-CUMBRE DEL PUERTO DE CHIRIVILLA (VALENCIA)

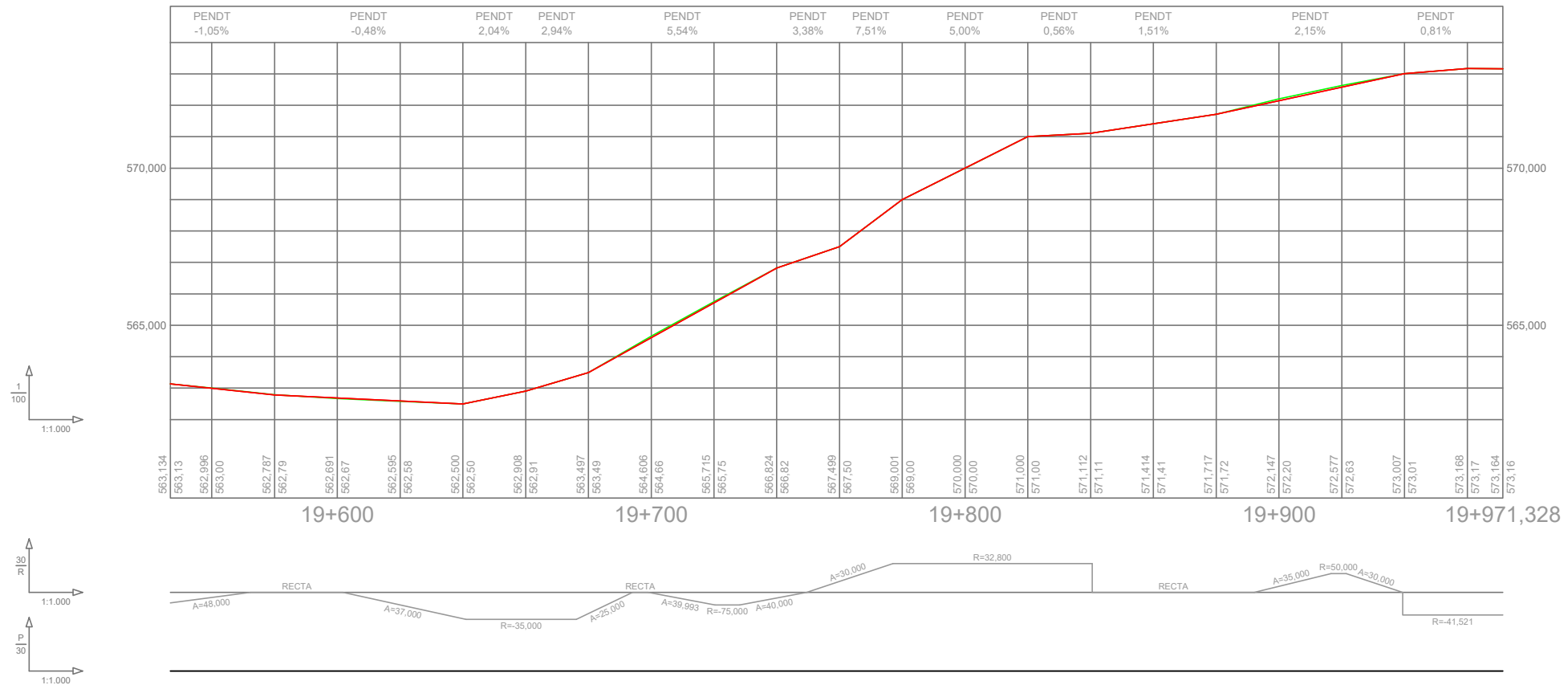
TÍTULO DEL PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 1

AUTOR:
 FERNANDO BLANCO CASTILLO

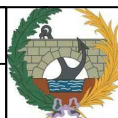
ESCALA:
 X: 1:1000
 Y: 1:100

FECHA:
 Julio 2019

Nº DEL PLANO:
 13/15



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
MÁSTER AVANZADO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO



TÍTULO DEL PROYECTO:
ANÁLISIS DE LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES Y REQUERIDAS PARA LA CIRCULACIÓN SEGURA DE CICLISTAS EN EL PUERTO DE MONTAÑA DE LA CARRETERA CV-25. TRAMO OLOCAU-CUMBRE DEL PUERTO DE CHIRIVILLA (VALENCIA)

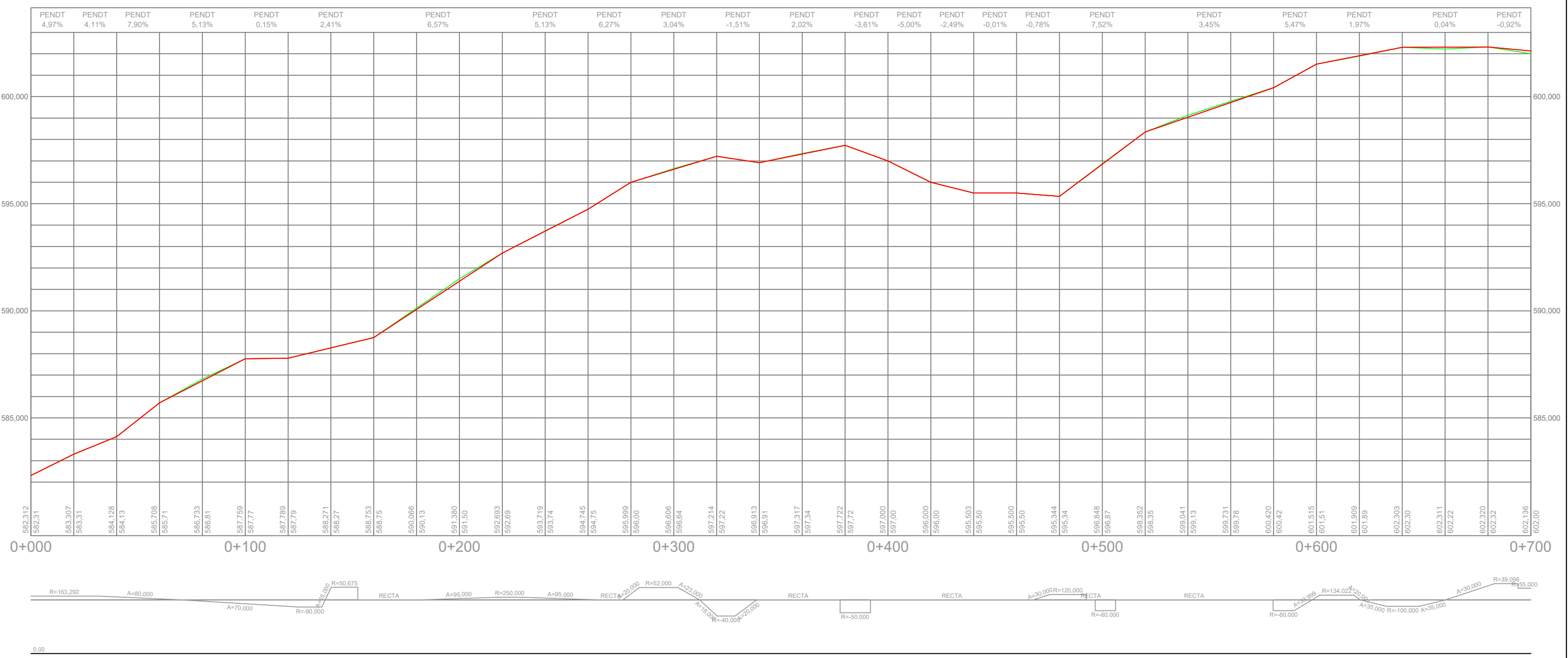
TÍTULO DEL PLANO:
PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 1

AUTOR:
FERNANDO BLANCO CASTILLO

ESCALA:
X: 1:1000
Y: 1:100

FECHA:
Julio 2019

Nº DEL PLANO:
15/15



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
 MÁSTER AVANZADO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO



TÍTULO DEL PROYECTO:
 ANÁLISIS DE LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES Y REQUERIDAS PARA LA CIRCULACIÓN SEGURA DE CICLISTAS EN EL PUERTO DE MONTAÑA DE LA CARRETERA CV-25. TRAMO OLOCAU-CUMBRE DEL PUERTO DE CHIRIVILLA (VALENCIA)

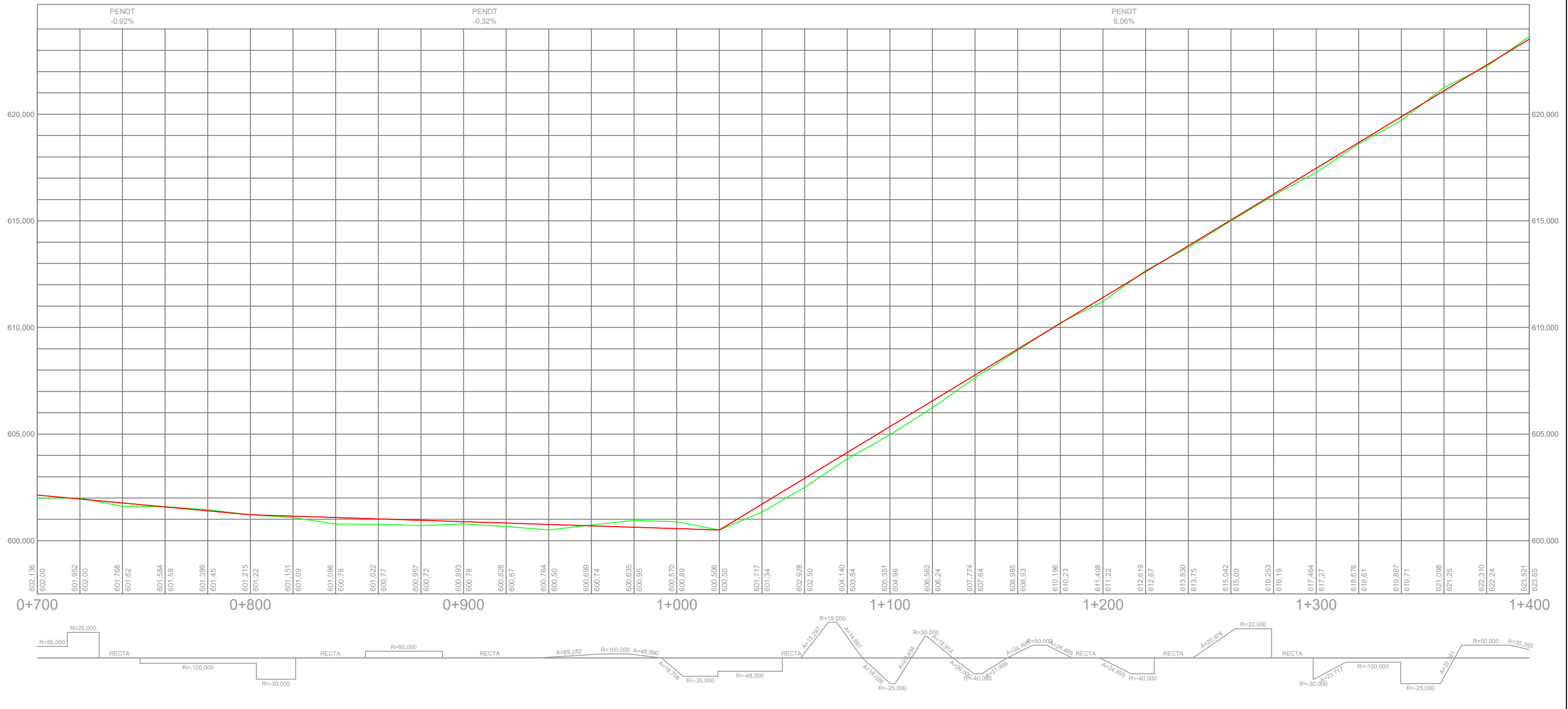
TÍTULO DEL PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 2

AUTOR:
 FERNANDO BLANCO CASTILLO

ESCALA:
 X: 1:1000
 Y: 1:100

FECHA:
 Julio 2019

Nº DEL PLANO:
 1/6



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
MÁSTER AVANZADO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO



TÍTULO DEL PROYECTO:
 ANÁLISIS DE LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES Y REQUERIDAS PARA LA CIRCULACIÓN SEGURA DE CICLISTAS EN EL PUERTO DE MONTAÑA DE LA CARRETERA CV-25. TRAMO OLOCAU-CUMBRE DEL PUERTO DE CHIRIVILLA (VALENCIA)

TÍTULO DEL PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 2

AUTOR:
 FERNANDO BLANCO CASTILLO

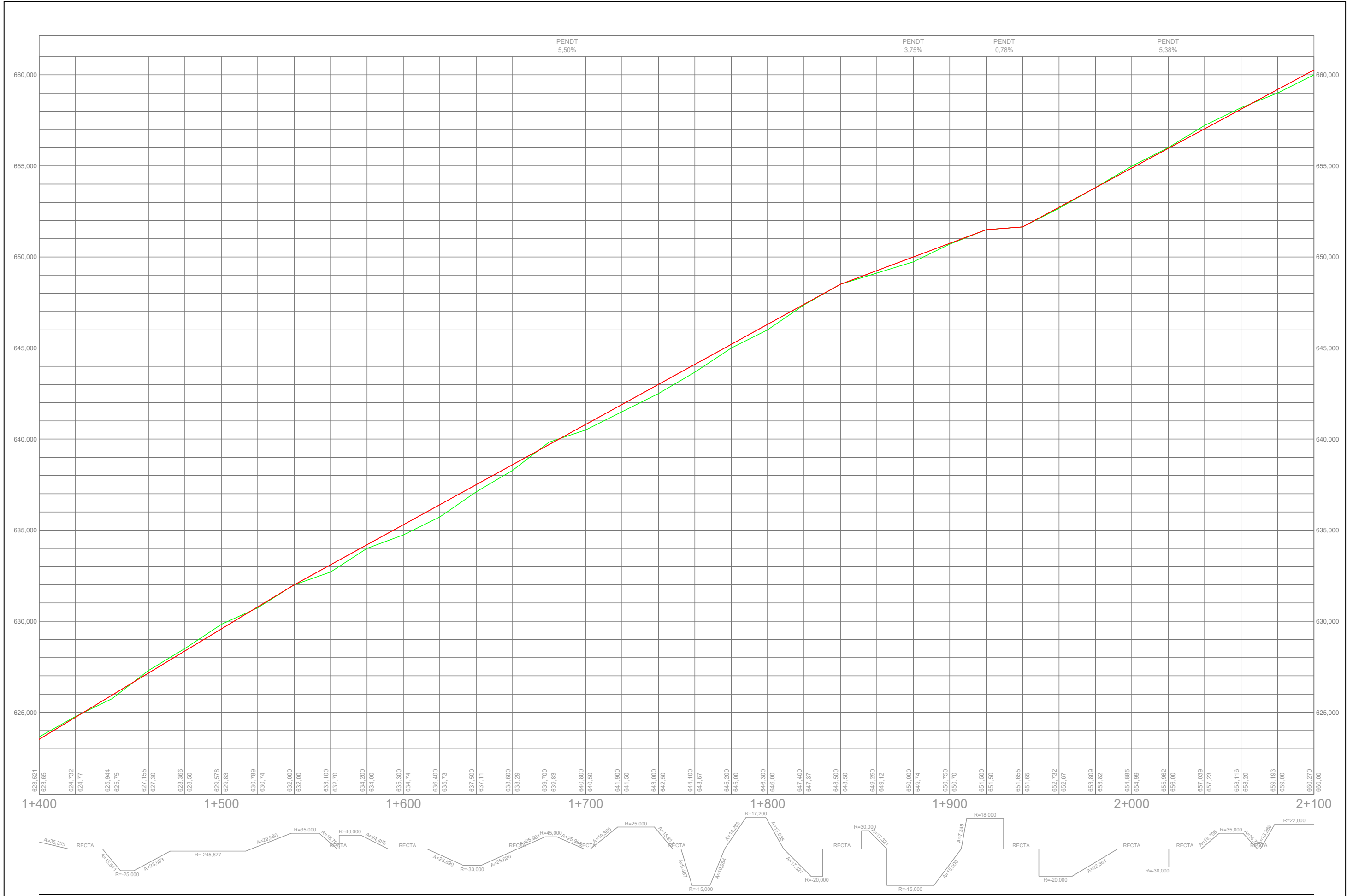
ESCALA:
 X: 1:1000
 Y: 1:100

FECHA:
 Julio 2019

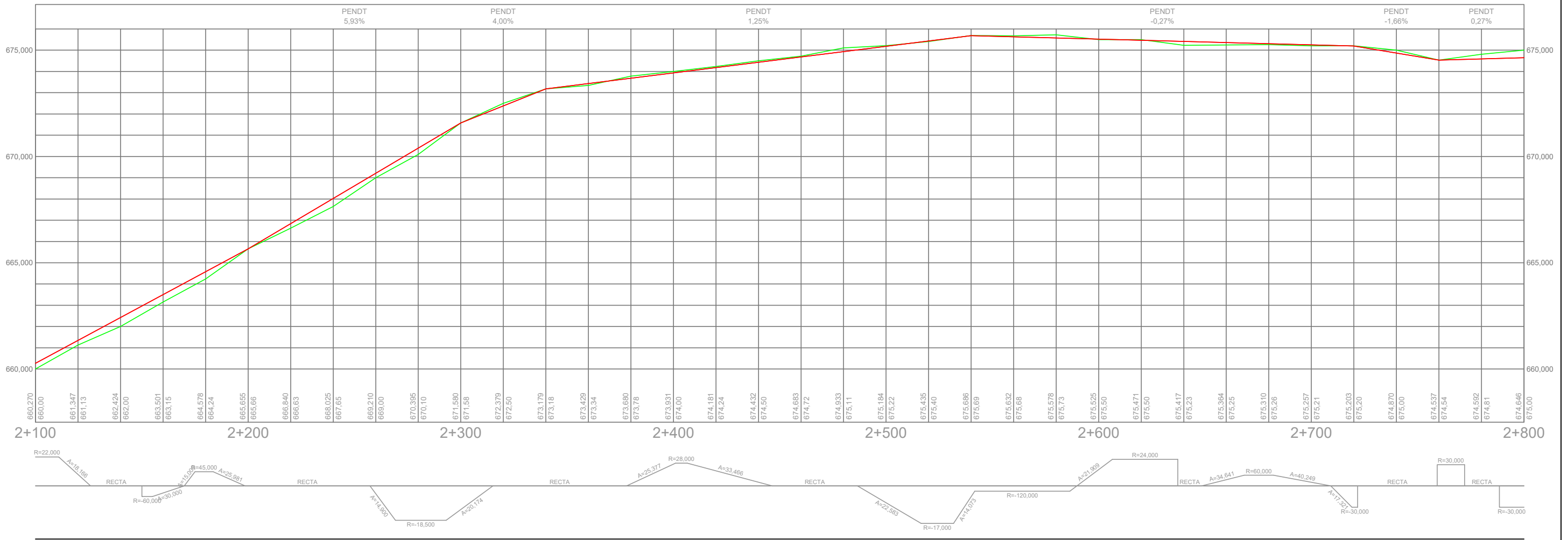
Nº DEL PLANO:
 2/6

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

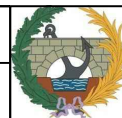
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA MÀSTER AVANZADO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO		TÍTULO DEL PROYECTO: ANÁLISIS DE LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES Y REQUERIDAS PARA LA CIRCULACIÓN SEGURA DE CICLISTAS EN EL PUERTO DE MONTAÑA DE LA CARRETERA CV-25. TRAMO OLOCAU-CUMBRE DEL PUERTO DE CHIRIVILLA (VALENCIA)	TÍTULO DEL PLANO: PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 2	AUTOR: FERNANDO BLANCO CASTILLO	ESCALA: X: 1:1000 Y: 1:100	FECHA: Julio 2019	Nº DEL PLANO: 3/6
	PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION							



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
MÁSTER AVANZADO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO



TÍTULO DEL PROYECTO:
ANÁLISIS DE LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES Y REQUERIDAS PARA LA CIRCULACIÓN SEGURA DE CICLISTAS EN EL PUERTO DE MONTAÑA DE LA CARRETERA CV-25. TRAMO OLOCAU-CUMBRE DEL PUERTO DE CHIRIVILLA (VALENCIA)

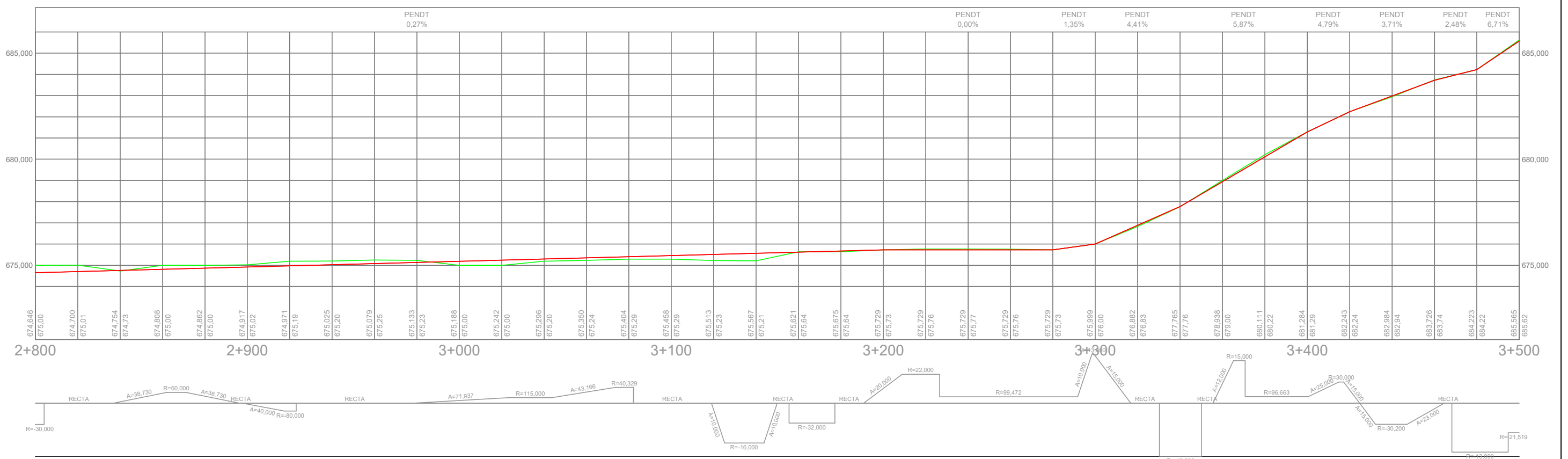
TÍTULO DEL PLANO:
PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 2

AUTOR:
FERNANDO BLANCO CASTILLO

ESCALA:
X: 1:1000
Y: 1:100

FECHA:
Julio 2019

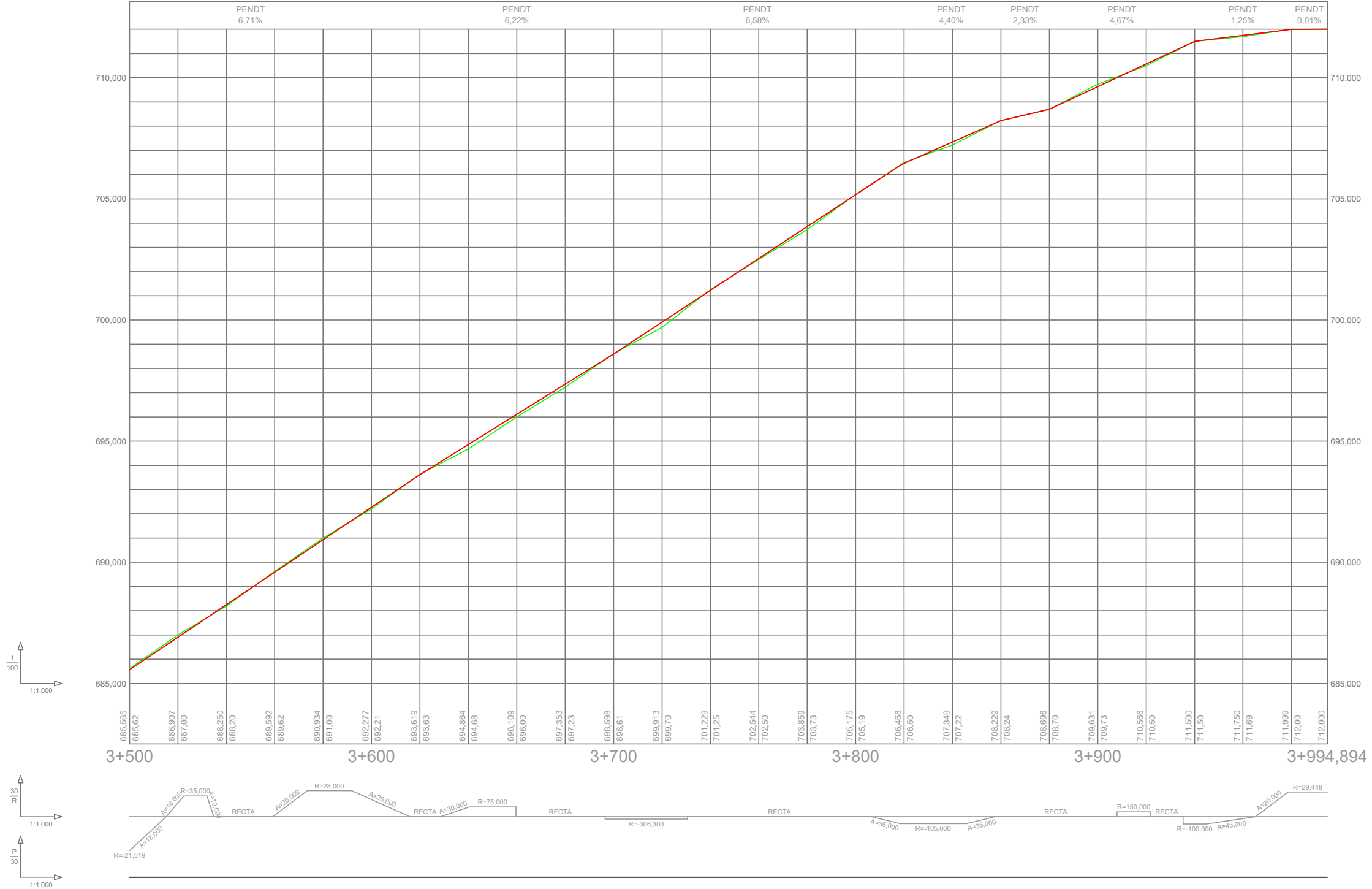
Nº DEL PLANO:
4/6



	<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA MÀSTER AVANZADO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO: ANÁLISIS DE LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES Y REQUERIDAS PARA LA CIRCULACIÓN SEGURA DE CICLISTAS EN EL PUERTO DE MONTAÑA DE LA CARRETERA CV-25. TRAMO OLOCAU-CUMBRE DEL PUERTO DE CHIRIVILLA (VALENCIA)</p>	<p>TÍTULO DEL PLANO: PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 2</p>	<p>AUTOR: FERNANDO BLANCO CASTILLO</p>	<p>ESCALA: X: 1:1000 Y: 1:100</p>	<p>FECHA: Julio 2019</p>	<p>Nº DEL PLANO: 5/6</p>
--	---	--	---	---	--	-------------------------------------	-------------------------------------

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
 MÁSTER AVANZADO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO



TÍTULO DEL PROYECTO:
 ANÁLISIS DE LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES Y REQUERIDAS PARA LA CIRCULACIÓN SEGURA DE CICLISTAS EN EL PUERTO DE MONTAÑA DE LA CARRETERA CV-25. TRAMO OLOCAU-CUMBRE DEL PUERTO DE CHIRIVILLA (VALENCIA)

TÍTULO DEL PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 2

AUTOR:
 FERNANDO BLANCO CASTILLO

ESCALA:
 X: 1:1000
 Y: 1:100

FECHA:
 Julio 2019

Nº DEL PLANO:
 6/6