



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

Estudio de mejora del enlace de la V-23, en su P.K. 4+200,
con la A-23 y la N-340, en el municipio de Sagunt (València)

Presentado por

Ruano Cachinero, Carlos

Para la obtención del


Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Curso: 2018/2019

Fecha: Valencia, junio 2019

Tutor: Ferrer Pérez, Vicente Melchor

Cotutor: Camacho Torregrosa, Francisco Javier





CONTENIDO

- MEMORIA

- ANEJOS
 - ANEJO 1. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE TRÁFICO
 - ANEJO 2. MEDICIONES DEL ESTUDIO DE SOLUCIONES
 - ANEJO 3. EVALUACIÓN MULTICRITERIO. APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS AHP Y PRES

- MEDICIONES

- VALORACIÓN ECONÓMICA

- PLANOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

MEMORIA

Estudio de mejora del enlace de la V-23, en su P.K. 4+200,
con la A-23 y la N-340, en el municipio de Sagunt (València)

Presentado por

Ruano Cachinero, Carlos

Para la obtención del


Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Curso: 2018/2019

Fecha: Valencia, junio 2019

Tutor: Ferrer Pérez, Vicente Melchor

Cotutor: Camacho Torregrosa, Francisco Javier





CONTENIDO

1.	OBJETO DEL ESTUDIO.....	11
2.	CONDICIONANTES	13
2.1.	Ramales.....	13
2.2.	Movilización y comportamiento del tráfico.....	14
2.2.1.	Conclusiones	20
2.3.	Condicionantes medioambientales.....	20
2.3.1.	Conclusiones	22
2.4.	Condicionantes urbanísticos	23
2.5.	Condicionantes geológicos	25
3.	ESTUDIO DE TRÁFICO	27
3.1.	Objeto.....	27
3.2.	Datos básicos de tráfico	27
3.2.1.	Mapa de tráfico del Ministerio de Fomento.....	27
3.2.2.	Tráfico total.....	30
3.2.3.	Tráfico pesado.....	31
3.2.4.	Conclusiones	32
3.3.	Datos de estacionalidad	32
3.3.1.	Estacionalidad del tráfico total	34
3.3.2.	Estacionalidad del tráfico pesado	35
3.4.	Datos de tráfico direccional	36
3.4.1.	Estimaciones de IMD anuales y mensuales	36
3.4.2.	Aforo diario.....	38
3.4.3.	Recopilación de resultados	42
3.5.	Matrices Origen – Destino	42
3.5.1.	Procedimiento	42
3.5.2.	Resultados	46



4.	ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	48
4.1.	Análisis de velocidades	48
4.2.	Análisis de recorridos	51
4.2.1.	Movimientos con origen A-23 sentido decreciente (Teruel)	51
4.2.2.	Movimientos con origen V-23 sentido creciente (València)	52
4.2.3.	Movimientos con origen V-23 sentido decreciente (Puerto de Sagunto)	54
4.2.4.	Movimientos con origen N-340 sentido decreciente (Sagunto)	56
4.3.	Trazado en planta de curvas circulares	57
4.3.1.	Velocidades, radios y peraltes. Seguridad.	58
4.3.2.	Velocidades mínimas según tipo de ramal. Funcionalidad.....	62
4.4.	Elementos de cambios de trayectoria y velocidad	64
4.4.1.	Caracterización de carriles y cuñas de cambio de velocidad.....	64
4.4.2.	Longitudes mínimas de carriles de aceleración y deceleración	68
4.4.3.	Longitudes mínimas de cuñas de transición y cambio de velocidad	74
4.4.4.	Comprobación de carriles y cuñas de cambio de velocidad	75
5.	ESTUDIO DE SOLUCIONES	76
5.1.	Introducción	76
5.2.	Condicionantes y principios de diseño en la propuesta de alternativas	76
5.3.	Alternativas. Planteamientos iniciales (FASE 1).....	79
5.3.1.	Alternativa ALT1-D1	81
5.3.2.	Alternativa ALT2-D2	82
5.3.3.	Alternativa ALT3-C1.....	84
5.3.4.	Alternativa ALT4-C2.....	86
5.3.5.	Alternativa ALT5-C3.....	88
5.3.6.	Alternativa ALT6-D3	91
5.3.7.	Alternativa ALT7-R1.....	93
5.3.8.	Alternativa ALT8-R2.....	95
5.3.9.	Alternativa ALT9-R3.....	98
5.3.10.	Conclusiones y alternativas a analizar	100
5.4.	Cálculos de capacidad.....	101
5.4.1.	Método de cálculo de capacidad en glorietas de hasta 2 carriles.....	101



5.4.2.	Método de cálculo de capacidad en glorietas de 3 o más carriles	105
5.4.3.	Método de cálculo de capacidad en tramos básicos.....	107
5.4.4.	Método de cálculo de capacidad en tramos de trenzado.....	109
5.4.5.	Nivel de servicio de la glorieta de la ALT7 – R1.	113
5.4.6.	Nivel de servicio de la glorieta de la ALT8 – R2	119
5.4.7.	Nivel de servicio del tramo de trenzado de la ALT5 – C3	123
5.5.	Modelos del estudio de soluciones	124
5.5.1.	Acceso a la visualización de los modelos simplificados	127
5.6.	Obtención de volumetrías y mediciones	128
5.7.	Metodología propuesta de evaluación multicriterio	129
5.7.1.	Introducción	129
5.7.2.	Formulación del Analytic Hierarchy Process (AHP).....	130
5.7.3.	Formulación del método PRES.....	133
5.8.	Criterios de valoración.....	135
5.8.1.	Definición de los criterios.....	135
5.8.2.	Ponderación subjetiva	136
5.8.3.	Resultados AHP. Consistencia y valores propios	137
5.9.	Valoración de alternativas	138
5.9.1.	Valoración según el impacto ambiental por emisiones.....	139
5.9.2.	Valoración según el impacto ambiental por movimiento de tierras	140
5.9.3.	Valoración según la valoración económica	141
5.9.4.	Valoración según la capacidad	142
5.9.5.	Valoración según el reordenamiento del tráfico	143
5.9.6.	Valoración según la ampliabilidad	144
5.9.7.	Resumen. Matriz de valoración normalizada.....	146
5.10.	Evaluación multicriterio. Obtención del índice PRES.....	146
6.	SOLUCIÓN FINAL ADOPTADA	148
6.1.	Descripción	148
6.2.	Niveles de servicio.....	150
6.2.1.	Niveles de servicio de la glorieta.....	150
6.2.2.	Niveles de servicio de los ramales	154



6.3.	Diseño en planta y Estados de alineaciones.....	156
6.4.	Diseño en alzado y Estado de rasantes	161
6.5.	Sobreanchos en curvas.....	166
6.6.	Elementos de cambio de trayectoria y velocidad.....	168
6.6.1.	Intersecciones de acceso a la glorieta	168
6.6.2.	Carriles de aceleración y deceleración directos	169
6.6.3.	Carriles de aceleración y deceleración directos	169
6.6.4.	Cambios en el número de carriles. Distancia de parada	170
7.	Diseño de firmes	172
7.1.	Datos sobre el terreno natural	172
7.2.	Categoría de tráfico pesado.....	173
7.3.	Análisis de diseño de la explanada	174
7.4.	Análisis de diseño del firme.....	175
7.5.	Selección de la sección de explanada y firme.....	176
7.6.	Diseño de la mezcla bituminosa	181
7.7.	Riegos	182
7.7.1.	Riego de imprimación.....	182
7.7.2.	Riego de adherencia.....	182
7.7.3.	Riego de curado	182
7.8.	Resumen del diseño definitivo.....	183
8.	RESUMEN DE MEDICIONES	184
9.	RESUMEN DE VALORACIÓN ECONÓMICA	186
10.	REFERENCIAS.....	187



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Evolución histórica de las estaciones de aforo analizadas	29
Tabla 2. Datos mensuales (2017) de la estación V-1-1 en el ramal sur	34
Tabla 3. Estimación de la IMD anual de 2019 en los troncos del enlace	37
Tabla 4. Estimación de la IMD mensual de abril de 2019 en los troncos del enlace	38
Tabla 5. Intensidad diaria registrada en los sensores el 11 de abril de 2019	41
Tabla 6. Recopilación de resultados de IMD en los troncos del enlace	42
Tabla 7. Formato de matriz O-D	43
Tabla 8. Matrices Origen-Destino obtenidas en el ámbito de estudio.....	47
Tabla 9. Velocidades de señalización por curvas	50
Tabla 10. Velocidades de proyecto y radios de giro por curvas.....	58
Tabla 11. Coeficientes de rozamiento transversal máximo	59
Tabla 12. Criterio de diseño de peraltes	59
Tabla 13. Medición y comprobación de peraltes.....	60
Tabla 14. Comprobación de velocidades por diseño en planta de curvas circulares.....	61
Tabla 15. Velocidades mínimas de proyecto según el tipo de ramal de enlace	62
Tabla 16. Comprobación de velocidades según tipo de ramal de conexión.....	64
Tabla 17. Caracterización de elementos de cambio de velocidad	68
Tabla 18. Prestaciones de vehículos patrón.....	70
Tabla 19. Calculo alternativo del modelo de aceleración (no utilizado).....	72
Tabla 20. Longitudes mínimas de carriles de cambio de velocidad	73
Tabla 21. Longitudes mínimas de cuñas de transición y de cambio de velocidad	74
Tabla 22. Comprobación de longitudes de elementos de cambio de velocidad	75
Tabla 23. Principios de diseño de alternativas	79
Tabla 24. Movimientos ALT1-D1	82
Tabla 25. Movimientos ALT2-D2.....	83
Tabla 26. Movimientos ALT3-C1	86
Tabla 27. Movimientos ALT4-C2	88
Tabla 28. Movimientos ALT5-C3	90
Tabla 29. Movimientos ALT6-D3.....	92
Tabla 30. Movimientos ALT7-R1	94



Tabla 31. Movimientos ALT8-R2	97
Tabla 32. Movimientos ALT9-R3	99
Tabla 33. Criterio de cálculo del nivel de servicio (LOS).....	105
Tabla 34. Nivel de servicio de tramos de trenzado.....	113
Tabla 35. Cálculos de capacidad de la glorieta de la ALT7 - R1	114
Tabla 36. L.O.S de los accesos de la Opción 7.1 con intensidad media	115
Tabla 37. L.O.S de los accesos de la Opción 7.1 con intensidad de hora punta	115
Tabla 38. L.O.S. de los accesos de la Opción 7.2 con intensidad media	115
Tabla 39. L.O.S. de los accesos de la Opción 7.2 con intensidad en hora punta	116
Tabla 40. L.O.S. de los accesos de la Opción 7.3 con intensidad media	116
Tabla 41. L.O.S. de los accesos de la Opción 7.3 con intensidad en hora punta	116
Tabla 42. L.O.S. de los accesos de la Opción 7.4 con intensidad media	117
Tabla 43. L.O.S de los accesos de la Opción 7.4 con intensidad en hora punta	117
Tabla 44. Solución definitiva glorieta ALT7 - R1	118
Tabla 45. L.O.S. de la solución ALT7 definitiva con intensidad media	118
Tabla 46. L.O.S. de la solución ALT7 definitiva con intensidad en hora punta	119
Tabla 47. Cálculos de capacidad de la glorieta de la ALT8 - R2	120
Tabla 48. L.O.S de los accesos de la Opción 8.1 con intensidad media	120
Tabla 49. L.O.S de los accesos de la Opción 8.1 con intensidad de hora punta	121
Tabla 50. L.O.S. de los accesos de la Opción 8.2 con intensidad media	121
Tabla 51. L.O.S. de los accesos de la Opción 8.2 con intensidad en hora punta	121
Tabla 52. Solución definitiva glorieta ALT8 - R2	122
Tabla 53. L.O.S. de la solución ALT8 definitiva con intensidad media	122
Tabla 54. L.O.S. de la solución ALT8 definitiva con intensidad en hora punta	123
Tabla 55. L.O.S. de las soluciones de la ALT5	124
Tabla 56. Resumen del balance de explicación (Estudio soluciones)	129
Tabla 57. Resumen de mediciones de otros recursos (Estudio soluciones)	129
Tabla 58. Escala de valoración de criterios/alternativas de Saaty.....	131
Tabla 59. Criterio de consistencia	132
Tabla 60. Valores de consistencias aleatorias para el cálculo del IC	132
Tabla 61. Formulación de Matriz de valoración normalizada.....	134
Tabla 62. Ponderación subjetiva de alternativas según escala de Saaty.....	137
Tabla 63. Pesos de valoración (valores propios)	138



Tabla 64. Ratios para la cuantificación de emisiones.....	139
Tabla 65. Valoración de alternativas según su impacto por emisiones	139
Tabla 66. Valoración de alternativas según su impacto por movimiento de tierras	140
Tabla 67. Valoración de alternativas según su valoración económica	141
Tabla 68. Valoración Saaty de alternativas según capacidad	142
Tabla 69. Valoración de alternativas según su capacidad	143
Tabla 70. Valoración Saaty de alternativas según reordenamiento	144
Tabla 71. Valoración de alternativas según el reordenamiento del tráfico	144
Tabla 72. Valoración Saaty de alternativas según ampliabilidad	145
Tabla 73. Valoración de alternativas según su ampliabilidad	145
Tabla 74. Matriz de valoración normalizada	146
Tabla 75. Matriz global de dominación	146
Tabla 76. Cálculo del índice PRES	147
Tabla 77. Movimientos Solución Final	149
Tabla 78. L.O.S de los accesos de la Opción 1 con intensidad horaria media	151
Tabla 79. L.O.S. de los accesos de la Opción 2 con intensidad horaria media	151
Tabla 80. L.O.S de los accesos de la Opción 1 con intensidad de hora punta	152
Tabla 81. L.O.S. de los accesos de la Opción 2 con intensidad de hora punta	152
Tabla 82. Disposición definitiva glorieta Solución Final	153
Tabla 83. L.O.S. de los accesos a la glorieta de la Solución Final con intensidad media	153
Tabla 84. L.O.S. de los accesos de la Solución Final con intensidad de hora punta....	154
Tabla 85. Disposición definitiva de ramales	156
Tabla 86. Estado de alineaciones Ramal EW	157
Tabla 87. Estado de alineaciones Ramal NG	158
Tabla 88. Estado de alineaciones Ramal EG	158
Tabla 89. Estado de alineaciones Ramal WG	159
Tabla 90. Estado de alineaciones Ramal GW	159
Tabla 91. Estado de alineaciones Ramal SN	159
Tabla 92. Estado de alineaciones Ramal SG	160
Tabla 93. Estado de alineaciones Ramal SW	160
Tabla 94. Estado de alineaciones Ramal WG	160
Tabla 95. Estado de alineaciones Glorieta	161



Tabla 96. Estado de rasantes Glorieta	162
Tabla 97. Estado de rasantes Ramal NG	162
Tabla 98. Estado de rasantes Ramal SG	163
Tabla 99. Estado de rasantes Ramal EW	163
Tabla 100. Estado de rasantes Ramal SW	164
Tabla 101. Estado de rasantes Ramal GW	164
Tabla 102. Estado de rasantes Ramal WG	165
Tabla 103. Estado de rasantes Ramal EG.....	165
Tabla 104. Estado de rasantes Ramal GE.....	165
Tabla 105. Estado de rasantes Ramal WS	166
Tabla 106. Estado de rasantes Ramal SN	166
Tabla 107. Curvas que requieren sobreechancho.....	167
Tabla 108. Sobreechanchos requeridos.....	168
Tabla 109. Ejemplo de diseño de isleta en intersección NG-G.....	169
Tabla 110. Coeficiente de rozamiento longitudinal movilizado (f_i) en una maniobra de frenado.....	171
Tabla 111. IMD_P considerada para el diseño de firmes	173
Tabla 112. Categoría de tráfico pesado de cada ramal.....	174
Tabla 113. Secciones de firme posible	176
Tabla 114. Valoración económica de las explanadas.....	177
Tabla 115. Valoración económica de las secciones de firme	178
Tabla 116. Valoración de las secciones de explanada y firme	180
Tabla 117. Secciones de firme y explanada dispuestas.....	180
Tabla 118. Espesor de capas de mezcla bituminosa en caliente.....	181
Tabla 119. Diseño definitivo del firme.....	183
Tabla 120. Resumen de movimiento de tierras	184
Tabla 121. Resumen de materiales de firme.....	184
Tabla 122. Resumen de los materiales estructurales del modelo simplificado	185
Tabla 123. Descomposición de materiales de la mezcla bituminosa	185
Tabla 124. Materiales para riegos de adherencia, curado e imprimación	185
Tabla 125. Presupuesto Base de Licitación estimado.....	186



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Infraestructuras logísticas en el ámbito de estudio	15
Figura 2. Principales inversiones en Parc Sagunt	16
Figura 3. Suelo jurídico industrial actual	17
Figura 4. Suelo jurídico urbanizable como industrial.....	18
Figura 5. Descripción del proyecto de ampliación del Puerto de Sagunto	18
Figura 6. Nudo ferroviario de Sagunto	19
Figura 7. Identificación de vías pecuarias y terrenos forestales y no forestales	21
Figura 8. Identificación de carreteras históricas	23
Figura 9. Titularidades de la red de ramales del enlace a estudiar	23
Figura 10. Clasificación urbanística	24
Figura 11. Calificación urbanística.....	25
Figura 12. Ámbito de estudio en el MAGNA50	26
Figura 13. Ámbito de estudio del mapa provincial de tráfico 2017	28
Figura 14. Evolución del tráfico de las estaciones de aforo	30
Figura 15. Evolución del tráfico pesado de las estaciones de aforo	31
Figura 16. Estacionalidad mensual de la IMD total	34
Figura 17. Estacionalidad mensual del tráfico pesado	35
Figura 18. Sensor de tráfico "Origen València" (1) V-23 Pk 4.2 C	39
Figura 19. Ubicación de los sensores de la DGT utilizados en el aforo.....	40
Figura 20. Esquema de velocidades de proyecto.....	48
Figura 21. Nomenclatura de curvas	50
Figura 22. Movimientos con origen Teruel	51
Figura 23. Movimientos con origen València	53
Figura 24. Movimientos con origen Puerto de Sagunto	54
Figura 25. Movimientos con origen Sagunto	56
Figura 26. Criterios de medición de elementos de cambio de velocidad	66
Figura 27. Nomenclatura de elementos de cambio de velocidad	66
Figura 28. Condiciones iniciales	77
Figura 29. Boceto de la alternativa ALT1-D1	82
Figura 30. Boceto de la alternativa ALT2-D2.....	84



Figura 31. Boceto de la alternativa ALT3-C1	86
Figura 32. Boceto de la alternativa ALT4-C2	88
Figura 33. Boceto de la alternativa ALT5-C3	90
Figura 34. Boceto de la alternativa ALT6-D3	92
Figura 35. Boceto de la alternativa ALT7-R1	95
Figura 36. Boceto de la alternativa ALT8-R2	97
Figura 37. Boceto de la alternativa ALT9-R3	100
Figura 38. Parámetros geométricos método TRRL	107
Figura 39. Nivel de servicio de tramos básicos de autopistas	108
Figura 40. Descomposición de las intensidades de análisis en tramos trenzados	109
Figura 41. Vista aérea del modelo del Enlace A: Alternativa ALT5 – C3	126
Figura 42. Vista aérea del modelo del Enlace B: Alternativa ALT7 – R1	127
Figura 43. Vista aérea del modelo del Enlace C: Alternativa ALT8 – R2	127
Figura 44. Niveles de servicio de ramales como tramos básicos	155
Figura 45. Categorías de tráfico pesado según la Norma 6.1 IC	173
Figura 46. Explanadas posibles	175



1. OBJETO DEL ESTUDIO

En el presente trabajo se aborda la evaluación, y posterior mejora, del estado funcional de la infraestructura que genera el enlace que forma la V-23 con la A-23 y la N-340, al sur de la población de Sagunto. Dicho nudo viario presenta importantes problemas funcionales debido a los elevados niveles de congestión y seguridad vial, así como a la dificultad de la importante demanda de vehículos pesados para circular por el enlace, funcionando en muchas situaciones como cuello de botella. Por ello, cabe realizar un análisis del enlace, así como el desarrollo de la solución alternativa óptima de entre las que se puedan plantear para la infraestructura.

Para ello, en primer lugar, se deberán identificar los diferentes aspectos que condicionan tanto los flujos de tráfico que absorbe el nudo viario en cuestión. Estos condicionantes deberán tenerse en cuenta para conocer el estado actual de la infraestructura, así como prever la evolución que puede sufrir a medio y largo plazo.

Posteriormente se llevará a cabo un análisis exhaustivo del enlace actual. Al respecto, cabe caracterizar para su análisis los diferentes movimientos que pueden realizar los usuarios, describiendo la demanda real del nudo, las velocidades a las que los vehículos pueden circular por señalización en cada punto, o las características geométricas de los viales. De ese modo, serán fácilmente observables, de acuerdo con lo estipulado en las normativas técnicas de referencia, los posibles déficits que puedan existir en los ramales y que permitirán identificar las razones de los bajos niveles de funcionalidad de la infraestructura.

Una vez analizada la infraestructura existente, y observando sus déficits, patologías y deficiencias, se planteará un estudio de soluciones en el que plantear y evaluar diferentes soluciones alternativas. Las distintas actuaciones propuestas se modelarán de manera simplificada y valorarán mediante una evaluación multicriterio utilizando una combinación de los métodos AHP y PRES.

Finalmente, se llevará a cabo el diseño, en mayor detalle de la solución finalmente adoptada. Para ello, se estudiarán los niveles de servicio de cada uno de los ramales. Posteriormente, se realizará el diseño geométrico de la planta y el alzado de cada ramal,



de las intersecciones, de los elementos de cambios de trayectoria y velocidad, así como el diseño de firmes.

Por último, y una vez cuantificadas las mediciones de la solución propuesta, se llevará a cabo la valoración económica, estimada, del enlace propuesto como mejora de la situación actual de la infraestructura.



2. CONDICIONANTES

2.1. Ramales

El enlace objeto de estudio en el presente trabajo constituye un importante y complejo nudo viario que conecta:

- La V-23 o Autovía de Acceso al Puerto de Sagunto. Inicia su trazado en el nudo que, cerca de Puzol, forma la CV-3007 con la V-21. Tras cerca de 4 km, se desvía hacia el Este en el nudo a estudiar, en dirección hacia el Puerto de Sagunto, constituyendo su principal acceso para vehículos ligeros y pesados. Por todo ello, conforma los ramales Sur (desde València) y Este (hacia Puerto de Sagunto) del enlace.
- La A-23 o Autovía Mudéjar. Conecta la localidad de Sagunto con Somport, atravesando Castellón y Aragón de Sur a Norte. Tiene su inicio kilométrico, por lo tanto, en el acceso que, desde la V-23, constituye uno de los principales ramales del enlace a estudiar, el Oeste (hacia Teruel).
- La N-340. Es de gran interés funcional y cultural, pues constituía, antes de sus desdoblamientos, la carretera nacional más larga de España con 1248 km, conectando Cádiz con Barcelona por toda la costa Este del país. En el ámbito de estudio, conforma el ramal Norte (hacia Sagunto) del enlace, el cual permite el acceso al municipio de Sagunto, conectándolo con el Puerto de Sagunto, València y el resto de las direcciones a las cuales el enlace de estudio da conexión.
- La N-234a¹. Describe la vía romana Saguntum-Bilbilis, conectando Sagunto con Burgos y, por lo tanto, siendo de gran importancia cultural e histórica. Sin embargo, no presenta una gran importancia desde el punto de vista funcional en la actualidad, pues fue sustituida en su función por la A-23, de modo que actualmente funciona únicamente como una vía de servicio. Sin embargo, sí que

¹ Debido a que la N-234 constituye una carretera nacional que ha quedado obsoleta por la nueva red, se le añade a su nomenclatura la componente "a".



existen ramales, dentro del enlace objeto de estudio, que dan acceso a dicha vía, concretamente a los vehículos con origen Sagunto como se verá posteriormente.

2.2. Movilización y comportamiento del tráfico

A continuación, se pretende realizar un análisis del comportamiento y objetivos de los usuarios de la infraestructura a utilizar, atendiendo a la morfología del enlace, el conocimiento propio del mismo y a los datos de tráfico obtenidos. En ese sentido, se considera necesario diferenciar entre el tráfico de viajeros y de mercancías, los cuales pueden analizarse, de manera general, a partir de los datos de vehículos ligeros y pesados respectivamente.

En cuanto al transporte de viajeros, como ya se ha comentado, el enlace constituye un acceso hacia y desde direcciones con importantes flujos de tráfico. Destaca especialmente el tráfico entre València y Teruel, movilizado con la curva que da inicio a la Autovía Mudéjar desde la V-23. Esta trayectoria, en ambos sentidos, da servicio a tráficos desde todo el Sureste del país hasta toda la comunidad de Aragón. Además, el enlace sirve como acceso sur al municipio de Sagunto, de 65.000 habitantes y gran afluencia turística en los meses de verano, y como conexión de Sagunto con el Puerto de Sagunto, movilizando un importante tráfico metropolitano.

En cuanto al transporte de mercancías², el factor fundamental que describe el funcionamiento de la infraestructura es el Puerto de Sagunto, perteneciente a la Autoridad Portuaria de Valencia (APV), así como el área logística e industrial de Parc Sagunt, cuya ubicación, anexa al puerto, se explica por la existencia del mismo.

² El análisis del transporte de mercancías que se realiza en el presente apartado está principalmente condicionado por la evolución presente y futura de la actividad industrial en el entorno de estudio. Al respecto, se han analizado los recursos de información urbanística que dispone el Ajuntament de Sagunt, entre los que destaca el “Estudio, pliego cartográfico, visor digital, maqueta de inversión y memoria de posibles actuaciones sobre potencial de nuevas actividades ecoómicas de carácter industrial en el término municipal de Sagunt”. Ajuntament de Sagunt (Junio 2018).



Figura 1. Infraestructuras logísticas en el ámbito de estudio

Se muestra en la Figura 1 los diferentes elementos nombrados anteriormente que condicionan significativamente el comportamiento y volúmenes del transporte de mercancías. Estos son, tal como se han mencionado, el enlace objeto de estudio (resaltado en naranja), el espacio logístico Parc Sagunt (resaltado en azul) y la infraestructura portuaria del Puerto de Sagunto (resaltado en verde). A estas, se le debe añadir a la infraestructura ferroviaria del “nudo de Sagunto” el cual, mediante su estación de mercancías (resaltada en morado), constituye la otra vía fundamental de transporte de mercancías en el entorno del puerto.

Existe un plan de expansión de la APV mediante la construcción de una nueva terminal de contenedores y de una tercera dársena en el Puerto de Sagunto. Dicha expansión ha requerido de un plan de desarrollo urbanístico de la segunda fase de la sociedad de Parc Sagunt, promovida por la Generalitat Valenciana y la sociedad estatal Sepi, por las necesidades de suelo de la Autoridad Portuaria de Valencia para llevar a cabo la expansión. Por ello, se ha realizado la venta de grandes parcelas de Parc Sagunt a inversiones importantes, entre las que destaca la compra de Mercadona de unos 110.000 m² de suelo industrial y 360.000 m² de suelo logístico, la de Inditex de 280.000 m² logísticos, o la de Zumavesa de 140.000 m² de terreno industrial.³

³ Información obtenida de los comunicados web de la APV sobre la Ampliación del Proyecto de Ampliación del Puerto de Sagunto, el Informe de adjudicación de parcelas de diciembre de 2018 de Parc



Figura 2. Principales inversiones en Parc Sagunt ⁴

Todo ello permite prever es un gran crecimiento de las demandas a futuro en el ámbito de Sagunto como un importante núcleo logístico e industrial a nivel internacional, junto con el ya existente en el Puerto de València. A nivel de planificación, las actuaciones tienen el objetivo de crear un gran núcleo portuario en el mediterráneo mediante la acción conjunta de los complejos de València y Sagunto.

Las previsiones de crecimiento de actividad en Parc Sagunt (Figura 2), una vez se hayan concluido las actuaciones previstas en las parcelas a desarrollar, como la construcción del Parque Logístico promovido por Mercadona, generará un aumento importante de la actividad de transporte de mercancías desde el complejo sobre el enlace que se está estudiando. Del mismo modo ocurrirá con el transporte de viajeros, debido a la afluencia de empleados de los diversos negocios existentes en el ámbito del complejo.

Para comprender con mayor profundidad el entorno industrial al cual se hace referencia, se adjunta en la Figura 3 el suelo jurídico calificado como actualmente de uso industrial por el Ajuntament de Sagunt, según el visor cartográfico que dispone en sus recursos de información urbanística sobre suelo industrial.

Sagunt y de la referencia: J .L. Z. (11 de enero de 2019). <<El dueño de Zara compra la parcela de Parc Sagunt que no quiso Mercadona>>. Levante-emv.

⁴ Resaltadas en verde, las parcelas I.3.1, I.3.2, I.4 y Z.2 pertenecientes a Mercadona; en negro la Z.1 de Inditex; y en naranja la I.8.1 de Zumavesa

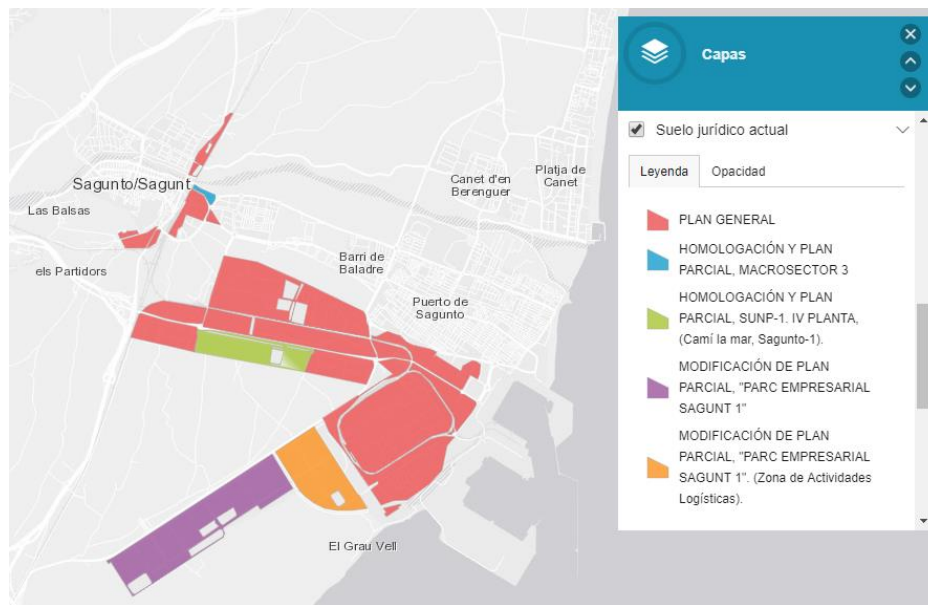


Figura 3. Suelo jurídico industrial actual⁵

Así mismo, es de especial importancia el comienzo de la redacción de un Plan Especial⁶ para el impulso del parque empresarial Parc Sagunt II, al norte del actualmente existente Parc Sagunt I, con 6.000.000 m². Ello implicaría un aumento significativo de la actividad comercial e industrial en Sagunto, así como un especial aumento del tráfico de transporte de mercancías.

Para comprender la envergadura que tendrá este nuevo complejo, se adjunta a continuación la Figura 4 del espacio reservado para ello en el planeamiento urbanístico de Sagunto, análoga a la anterior, sobre el suelo jurídico actualmente calificado como urbanizable pero destinado al futuro Parc Sagunt II.

Como puede observarse, cabe destacar que dicha calificación de terreno, el cual formará parte de un gran complejo industrial y logístico, hace inviables alternativas de diseño del enlace objeto de estudio que discurran por el sureste del existente actualmente, tanto por la existencia de las vías ferroviarias que pueden suponer una limitación técnica, como por la reserva de espacio para Parc Sagunt II.

⁵ Fuente: [Herramienta GIS](#) sobre Diagnóstico de los recursos de información urbanística del suelo industrial de Sagunto, a fecha 24 de febrero de 2019. Ajuntament de Sagunt

⁶ Valencia Plaza (11 de abril de 2018). [«El Consell empieza a redactar un Plan Especial para Parc Sagunt 2: “Es la joya de la corona”»](#). Valencia Plaza

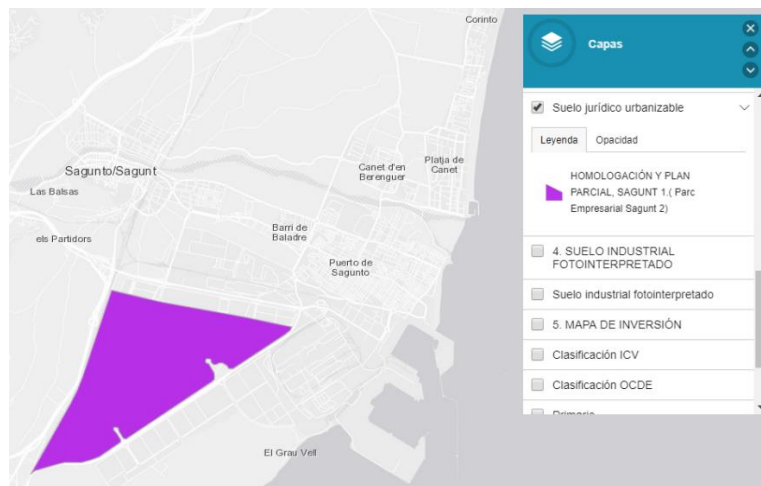


Figura 4. Suelo jurídico urbanizable como industrial

La ampliación de la infraestructura portuaria (Figura 5) generará unas consecuencias relativamente análogas, aumentando la cantidad de transporte necesario para con las actividades que se desarrollarán en los nuevos espacios previstos en el Puerto.



Figura 5. Descripción del proyecto de ampliación del Puerto de Sagunto ⁷

Las tipologías de tráfico que se prevén vayan a imponerse en el complejo portuario de Sagunto, según la propia Autoridad Portuaria sobre el potencial actual y futuro del puerto, y que por lo tanto son los que se potenciarán en mayor medida, junto con los flujos València-Aragón, en el enlace de estudio son:

⁷ Fuente: www.valenciaport.com – Infraestructuras en proyecto

- Transporte de vehículos, que requiere la movilización mediante vehículos de grandes dimensiones y tonelajes desde y/o hasta instalaciones como Ford Almussafes o el Puerto de València.
- Productos siderúrgicos, sobre los cuales se ha especializado y consolidado como el principal clúster siderúrgico de España a través de Arcelor Mittal.
- Granel líquido, existiendo uno de los principales puntos de entrada de gas al país, así como de exportación del mismo.
- Transporte marítimo de corta distancia *Short Sea Shipping*, de menor influencia en el estudio llevado a cabo en el presente Trabajo.

Importantes incertidumbres al respecto se ocasionan debido los diferentes proyectos existentes para el desarrollo del Corredor Mediterráneo, en particular del nudo ferroviario de Sagunto, y de cómo esto pueda afectar al tráfico rodado de mercancías.

De los diferentes elementos que conforman este nudo ferroviario y que se muestran en la siguiente imagen (Figura 6), entre los de mayor trascendencia para el presente Trabajo cabe destacar la estación de mercancías cercana al ámbito del puerto, así como las vías que delimitan geoméricamente el desarrollo del enlace viario analizado.

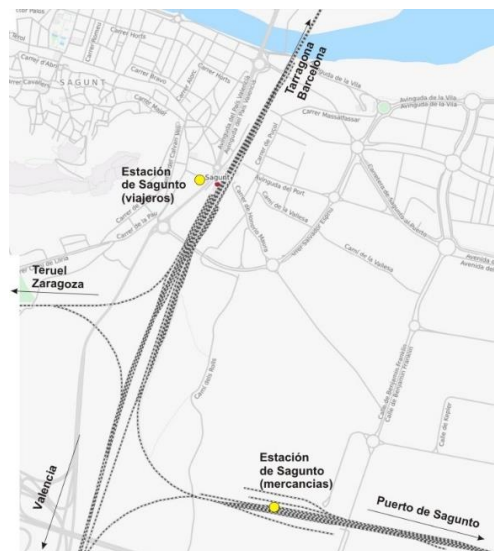


Figura 6. Nudo ferroviario de Sagunto ⁸

⁸ Fuente: Vía Libre (11 de julio de 2016). [«Comienzan las obras de implantación del ancho internacional en la estación de Sagunto»](#) Vía Libre.



2.2.1. Conclusiones

De los diferentes aspectos que se han expuesto en el presente apartado, puede preverse una evolución del transporte de viajeros sin grandes variaciones en los próximos años, pues las áreas de mayor desarrollo urbanístico y turístico son las costeras (Puerto de Sagunto y Canet d'en Berenguer), cuyo acceso sur se satisface gracias a la CV-309, paralela a Parc Sagunt I.

En cuanto al transporte de mercancías, sí que son previsibles importantes crecimientos de su transporte, debido a las fuertes inversiones recientes y previsiones de futuro para el desarrollo del complejo logístico e industrial de Parc Sagunt I, y la creación de Parc Sagunt II, así como a la ampliación del Puerto de Sagunto. Importantes incertidumbres al respecto se ocasionan debido los diferentes proyectos existentes para el desarrollo del Corredor Mediterráneo, en particular del nudo ferroviario de Sagunto, y de cómo esto pueda afectar al tráfico rodado de mercancías.

2.3. Condicionantes medioambientales

A continuación, se mostrarán las principales características ambientales del ámbito y el terreno en el que está presente la infraestructura objeto de estudio en el presente Trabajo.

En lo que respecta a los aspectos relacionados con la Estrategia Territorial de la Comunitat Valenciana, el terreno en el que se encuentra la infraestructura pertenece al municipio de Sagunto y al Área Urbana Integrada de Sagunto que, como nodo, funciona como centro de polaridad principal. Pertenece por lo tanto al área funcional del Valle del Palancia, el cual está ubicado en la comarca de El Camp de Morvedre. Ámbito de la Plana Litoral.

Tal y como puede observarse de las indicaciones que realiza el visor cartográfico de la Generalitat Valenciana, basado en referencias con origen en estudios y recogidas de datos oficiales, la zona se encuentra en una zona subterránea y superficial vulnerable por nitratos. La zona está también catalogada como la zona de calidad del aire ES 1005: Palancia-Javalambre (Área costera), la cual no posee plan de mejora de calidad del aire, ni para PM10 ni para NO2. Además, tampoco es Zona Acústica Saturada (ZAS)



declarada. Sin embargo, sí que se encuentra en término municipal afectado por daños de conejo de monte.

En cuanto a climatología, se registran precipitaciones acumuladas anuales de entorno a 400-500 mm, alcanzándose máximas precipitaciones estacionales de 150-200 mm, concretamente en los meses de otoño. Las temperaturas rondan medias anuales de 17 a 18 °C, con temperaturas mínimas en invierno de 0-1 °C y temperaturas máximas en verano de 35-36 °C.

En cuanto a elementos cercanos a considerar, cabe tener en cuenta la existencia en las inmediaciones de una instalación IPPC de la industria química que ha obtenido la Autorización Ambiental Integrada (AAI). Por otro lado, existe al oeste una zona de coto de caza, aunque a distancia suficiente como para no afectar al desarrollo del presente Trabajo. En cuanto a espacios protegidos, y aunque no existe en las inmediaciones espacios naturales protegidos, la infraestructura analizada se encuentra a aproximadamente 2,5 km al este del Parque Natural de la Sierra Calderona y a unos 3 km al oeste de la Zona Húmeda de la Marjal dels Moros, ambas zonas ZEC, LIC y ZEPA de la Red Natura 2000. También cabe destacar la existencia del camí de Lliria, el cual da continuidad a la Vía Augusta, una vía pecuaria catalogada como cañada y de protección histórica. Del mismo modo, existe también cierta parte del terreno catalogada como terreno forestal por el Plan de Acción Territorial Forestal de la Comunitat Valenciana (PATFOR). Estos dos últimos aspectos se muestran en la siguiente Figura 7.



Figura 7. Identificación de vías pecuarias y terrenos forestales y no forestales⁹

⁹ Visor cartográfico de la Generalitat Valenciana <https://visor.gva.es/visor/>



Según los servicios de producción del Plan de Actuación Territorial Forestal de la Comunitat Valenciana, únicamente se refiere a la zona de estudio como de escasa producción de Lactarius. Además, geológicamente se califica como de baja calidad del suelo para su conservación, con una erosión actual muy baja aun con una media-elevada erosión potencial. Al respecto de los riesgos a los que puede estar presente el suelo, cabe destacar que existen bajos niveles de carbono en suelo, así como bajo riesgo, peligrosidad y vulnerabilidad frente incendios. Del mismo modo, en cuanto a aspectos medioambientales, no existiendo recursos naturales ni hidrológicos importantes en el entorno, no se encuentran condicionantes ni por cercanía a montes catalogados ni por poderse catalogar el área como zona sometida a peligrosidad de inundación, con las medidas de gestión de riesgos que ello conllevaría.

Por último, cabe destacar la catalogación del terreno como de muy alta capacidad de uso del suelo (Clase A) y de alta accesibilidad de acuíferos, pudiéndose describirse geológicamente como un terreno de fisiografía plana y de litología de cantos, gravas y limos (SI 2-4) o aluviones del cuaternario. Los aspectos geológicos se estudiarán sin embargo, en mayor detalle, posteriormente.

2.3.1. Conclusiones

De los diferentes y numerosos datos que se han mostrado a lo largo del apartado, puede observarse como no existen condicionantes críticos en cuanto a protección medioambiental que puedan condicionar las diferentes actuaciones que puedan llevarse a cabo para la mejora de la infraestructura viaria a analizar.

Sin embargo, cabe destacar la importancia y vulnerabilidad medioambiental de uno de los entornos ecológicos de mayor valor en el levante español, la Sierra Calderona, a una distancia relativamente moderada del enlace. Por ello, se debe tomar especial atención a las posibles afecciones que grandes movimientos de tierras puedan generar en la calidad del aire durante los procesos de construcción de las posibles soluciones que puedan plantearse.

2.4. Condicionantes urbanísticos

Como ya se ha comentado anteriormente, existen diferentes carreteras históricas de las cuales también se hace eco el visor información del cual es la base del presente análisis. Estas, mostradas en la Figura 8, se califican como “Orden 1” de la Red Estatal según la Red de Carreteras de 1905 y como N-234 y N-340 de la red de Carreteras Nacionales según la Red de Carreteras de 1956.

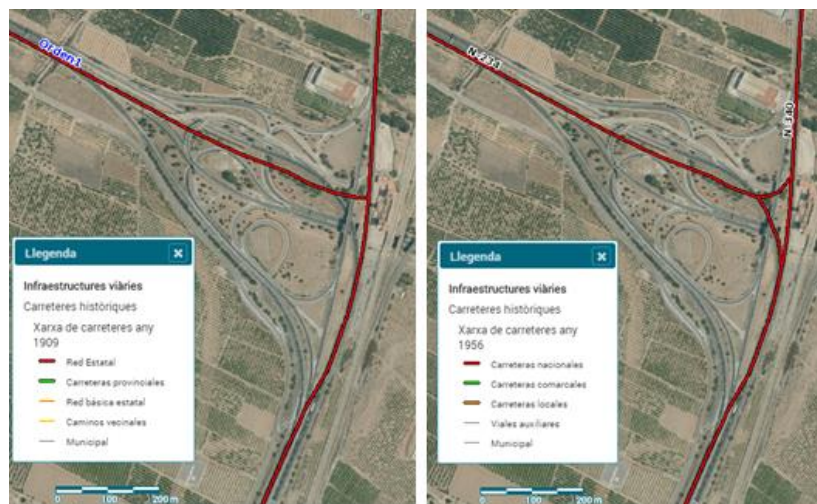


Figura 8. Identificación de carreteras históricas

Tal y como se ha mencionado, la integridad de la continuidad de estas carreteras está garantizada gracias a las actuaciones de desdoblamientos que se hicieron de las mismas. En la actualidad, existe un importante y complejo enlace, el cual se pretende analizar y mejorar, en cuyos viales pueden distinguirse las siguientes tipologías dentro de la red:

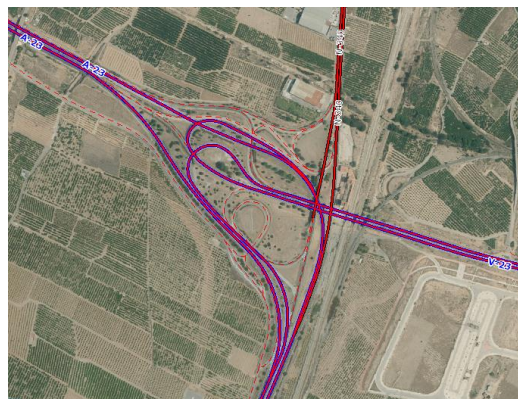


Figura 9. Titularidades de la red de ramales del enlace a estudiar

- Autovía/Autopista del Ministerio de Fomento de España, resaltado en morado en la Figura 9.
- Red de carreteras del Estado, resaltado en rojo.
- Viales auxiliares y de servicio del Ministerio de Fomento de España, resaltado en rojo discontinuo.

Cabe destacar, del mismo modo, y para proceder al análisis de los usos actuales que están presentes en el terreno ocupado por la infraestructura a analizar y sus inmediaciones, la clasificación de dichos terrenos en cuanto a planeamiento urbanísticos y los usos admisibles en cada uno de ellos. Como se observa en la Figura 10, la gran mayoría del terreno está clasificado como suelo no urbanizable sin planeamiento alguno, excepto al sureste del nudo ferroviario de Sagunto, en el que el suelo es urbanizable, destacando diferentes áreas y actuaciones industriales cercanas al Puerto de Sagunto, tal y como ya se ha expuesto en apartados anteriores en cuanto a futuras actuaciones en Parc Sagunt I y II.

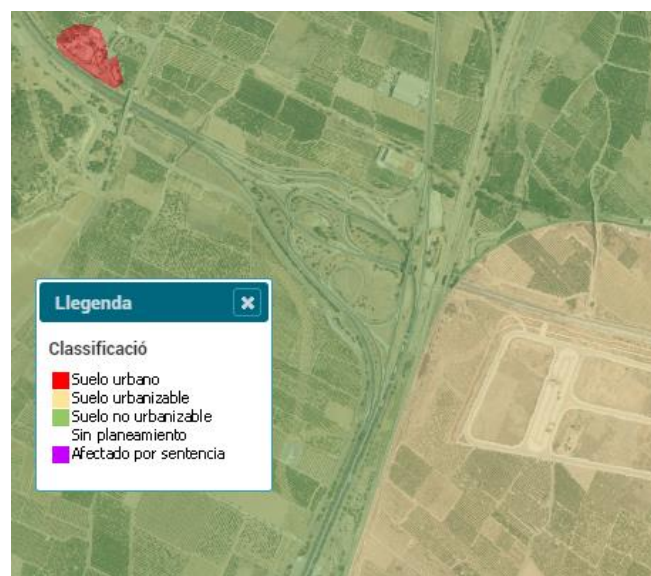


Figura 10. Clasificación urbanística

Del mismo modo, se ha realizado el análisis de la zonificación del terreno mediante la calificación de este según los usos específicos que actualmente existen (Figura 11). Desde esa perspectiva, se observa la calificación de los terrenos pertenecientes a la propia infraestructura como red viaria, en los terrenos de los propios

viales, y como dominio público en los terrenos interiores del enlace. Por otro lado, de manera análoga a la clasificación urbanística destacada anteriormente, la gran mayoría del terreno de las inmediaciones de la infraestructura está calificado como “rural común”, excepto al sureste del nudo ferroviario de Sagunto, en el que el suelo se califica como “industrial”.

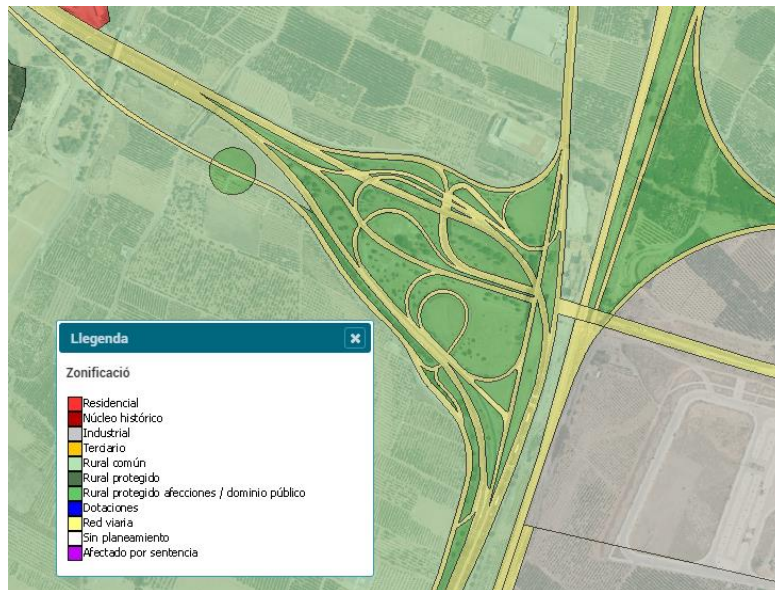


Figura 11. Calificación urbanística

Por último, hay que destacar que el terreno se ha catalogado también, aunque de uso predominante agrícola como ya se ha podido observar, como de alta presión futura de los usos no forestales sobre suelo forestal, observable mediante los diferentes ejemplos de proyectos de expansión de instalaciones industriales.

2.5. Condicionantes geológicos

Con el objetivo de conocer las características fundamentales del terreno presente en el emplazamiento del enlace objeto de estudio, se ha consultado la información que, al respecto, proporciona el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), perteneciente al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

Se ha estudiado, por lo tanto, la información que proporciona el Mapa Geológico Nacional (MAGNA50), desarrollado por el IGME entre 1972 y 2003, distribuido en hojas



1:50.000. El entorno en el que el enlace de estudio se encuentra se ubica entre las hojas 668 y 696 del MAGNA50.

Las hojas estudiadas muestran cómo el terreno que predomina, en mayor medida, en el entorno de actuación, puede calificarse como “mantos de arroyada” del Pleistoceno superior, perteneciente al Cuaternario. Concretamente, el terreno del emplazamiento muestra arcillas rojas con niveles de cantos zonales. Sin embargo, es posible encontrar en las inmediaciones del emplazamiento estratos de roca sedimentaria del Triásico tipo “Muschelkalk”, así como coluviones (arcillas rojas con cantos sueltos) del Holoceno, perteneciente al Cuaternario.

Se muestra en la Figura 12 las características principales que pueden observarse del terreno del emplazamiento, definiéndose el terreno 21 como mantos de arroyada, el 32 como coluviones y el 10 como Muschelkalk.

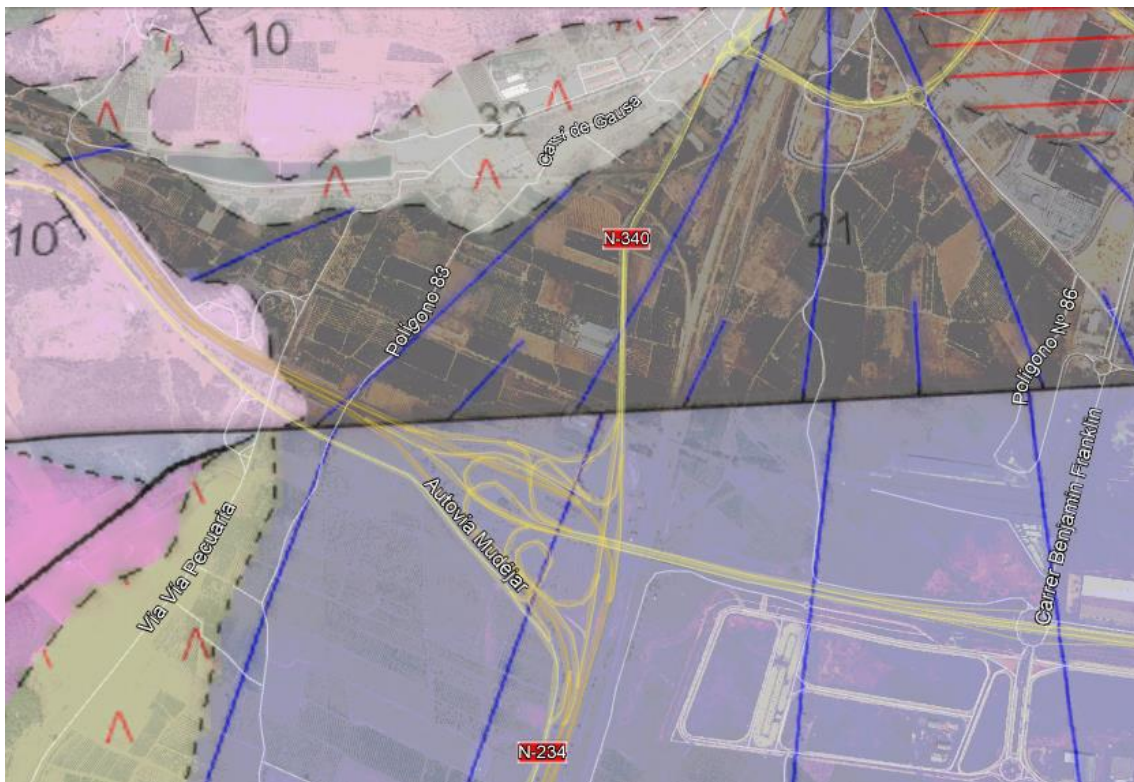


Figura 12. Ámbito de estudio en el MAGNA50 ¹⁰

¹⁰ Elaboración propia a partir del servicio para Google Earth (KML) del MAGNA



3. ESTUDIO DE TRÁFICO

3.1. Objeto

Se pretende, a continuación, abordar el estudio de los datos de tráfico que las diferentes fuentes existentes al respecto proporcionan en el ámbito de estudio, así como los de obtención propia necesarios para el presente Trabajo.

De ese modo, podrán ser comprendidas con mayor profundidad las consideraciones aportadas en apartados anteriores en cuanto al comportamiento del tráfico. Así mismo, la información obtenida será necesaria para la comprobación del nivel de servicio de las diferentes soluciones que puedan plantearse a la infraestructura objeto de estudio.

Se analizarán, en primer lugar, los datos existentes en cuanto a intensidades medias diarias, en cada uno de los cuatro troncos, en los años anteriores. Posteriormente, serán evaluados datos horarios de tráfico direccional que permitan construir, tras su debido tratamiento, una matriz origen-destino que describa la demanda que presenta cada uno de los ramales del enlace, cuyo dimensionamiento se debe proporcionar un nivel de servicio adecuado.

3.2. Datos básicos de tráfico

3.2.1. Mapa de tráfico del Ministerio de Fomento

Un primer estudio preliminar sobre el estado del tráfico en la zona de estudio ha consistido en la obtención de los datos de tráfico recogidos en el área de estudio en el Mapa de aforos desarrollado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

Teniendo en cuenta la escala del proyecto que se aborda, se han estudiado los datos proporcionados por el mapa provincial de València de 2017, cuyos datos más relevantes para el presente Trabajo se observan a continuación en la Figura 13.

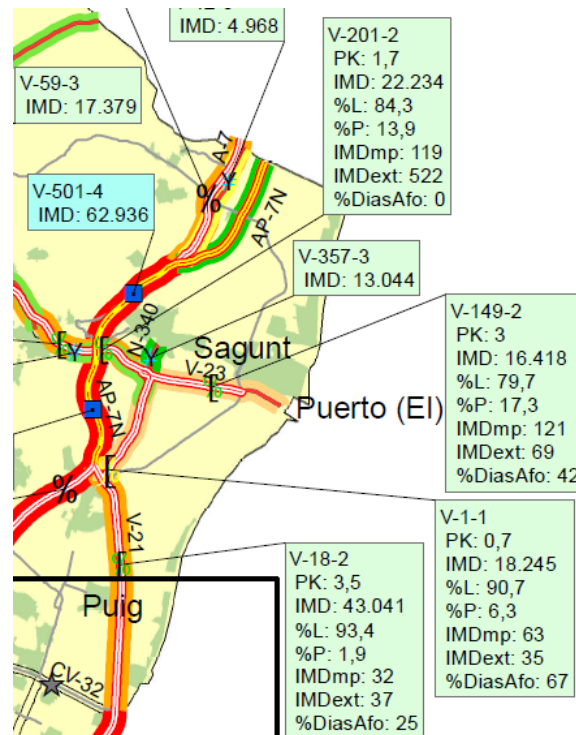


Figura 13. *Ámbito de estudio del mapa provincial de tráfico 2017*¹¹

Se observan en el ámbito de estudio un conjunto de estaciones de aforo situadas en distintos tramos de viales pertenecientes, todos ellos, a la Red de Carreteras del Estado. En cuanto a las estaciones que proporcionan datos relevantes al área de estudio, cuyos datos no deben considerarse como afectados por otros viales que puedan influir en el tráfico de llegada al enlace objeto de estudio, se consideran:

- La estación fija secundaria V-201-2, situada en el P.K. 1+700 de la A-23 o Autovía Mudéjar.
- La estación de cobertura V-357-3, situada en la conexión de la N-340 con el enlace objeto de estudio.
- La estación fija secundaria V-149-2, situada en el P.K. 3+000 de la V-23 o Autovía de Acceso al Puerto de Sagunto, es decir, en la conexión del enlace con el Puerto de Sagunto.

¹¹ Fuente: Ministerio de Fomento



- La estación fija primaria V-1-1, situada en el P.K. 0+700 de la V-23 o Autovía de Acceso al Puerto de Sagunto, es decir, en la conexión del enlace con València.

Tras este primer análisis, se ha analizado la evolución de los datos históricos registrados en cada una de ellas, mediante el recurso electrónico que proporciona el Ministerio de Fomento “Datos históricos de tráfico desde 1960 en las estaciones de aforo”. De ese modo, han podido obtenerse los datos más relevantes de cada una de las estaciones de aforo identificadas. Se recogen en la Tabla 1 las intensidades medias diarias (IMD) recogidas en el histórico de los últimos cinco años disponibles, tanto en términos totales como para tráfico pesado.

EVOLUCIÓN DE DATOS HISTÓRICOS DE LAS ESTACIONES DE AFORO ANALIZADAS										
ESTACIÓN	CATEGORÍA	CARRETERA	P.K.	POBLACIÓN	2013		2014		2015	
					IMD	IMDp	IMD	IMDp	IMD	IMDp
V-201-2	Secundaria	A-23	1+700	Gilet	22970	3450	23436	3488	23404	3489
V-357-3	Cobertura	N-340	939+400	Sagunt	-	-	-	-	-	-
V-149-2	Secundaria	V-23	3+000	Grao de Sagunt	16646	2730	17102	2800	17102	2800
V-1-1	Primaria	V-23	0+700	Puzol	16682	848	16647	1119	2015	1167

EVOLUCIÓN DE DATOS HISTÓRICOS DE LAS ESTACIONES DE AFORO ANALIZADAS										
ESTACIÓN	CATEGORÍA	CARRETERA	P.K.	POBLACIÓN	2016		2017			
					IMD	IMDp	IMD	IMDp		
V-201-2	Secundaria	A-23	1+700	Gilet	22635	3329	22234	3098		
V-357-3	Cobertura	N-340	939+400	Sagunt	-	-	13044	717		
V-149-2	Secundaria	V-23	3+000	Grao de Sagunt	18472	2744	16418	2842		
V-1-1	Primaria	V-23	0+700	Puzol	16216	1192	18245	1151		

Tabla 1. Evolución histórica de las estaciones de aforo analizadas ¹²

A raíz de estos datos de tráfico, han podido ser elaborados los siguientes gráficos que permiten analizar y comprender la evolución que en los últimos años ha registrado el tráfico de los troncos que interactúan en el enlace objeto de estudio.

¹² Fuente: Elaboración propia a partir de “Datos históricos de tráfico desde 1960 en las estaciones de aforo” de la D.G.C. del M. Fomento.

3.2.2. Tráfico total

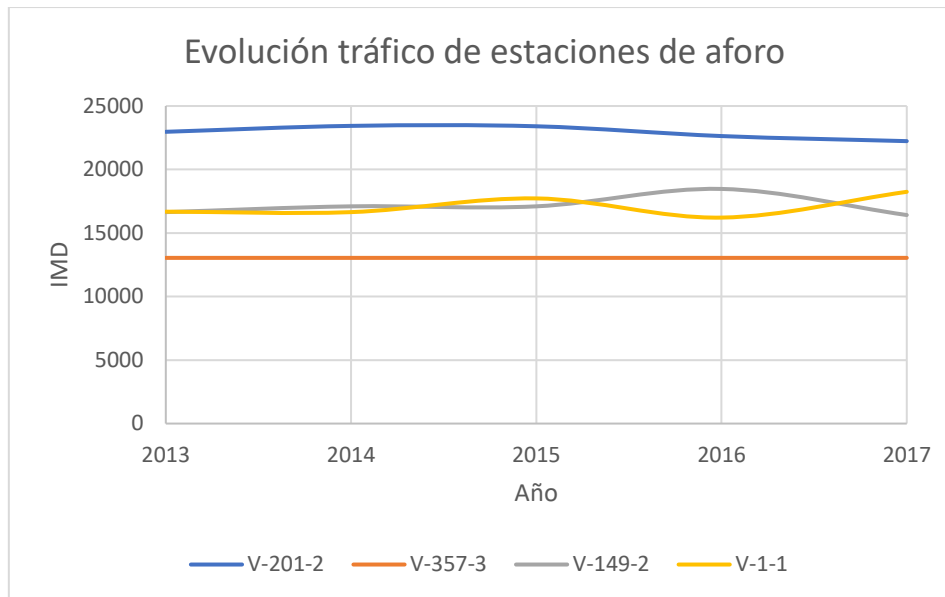


Figura 14. Evolución del tráfico de las estaciones de aforo

Puede observarse en la Figura 14 como, considerando la intensidad total de tráfico, el vial con mayores intensidades medias diarias es la A-23 o Autovía Mudéjar, tal y como era de esperar, presentando una evolución bastante constante en los últimos años.

Por otro lado, los datos que proporcionan las estaciones de aforo muestran intensidades de tráfico muy similares en los dos tramos analizados de la V-23, es decir, en el ramal sur que conecta el enlace con València, y el ramal este, que lo conecta con Puerto de Sagunto. Sin embargo, pueden identificarse distintas tendencias en la evolución de cada uno de dichos ramales, pudiendo observar una evolución creciente del tráfico en el ramal sur y algo volátil en el este.

Por último, los datos de tráfico del ramal norte, conexión con Sagunto, y aunque se haya representado como constante, no proporciona información en cuanto a su evolución, sino únicamente en lo que respecta a la magnitud de dicho tráfico con respecto al observado en el resto de los ramales. Al respecto, y como era de esperar, la N-340 constituye el ramal de menor demanda, aunque no muy diferente en orden de magnitud a la observada en la V-23. Además, cabe tener en cuenta que, por su naturaleza y diseño geométrico, es un ramal de menor capacidad, por lo que puede ser el ramal que mayores problemas presente.



3.2.3. Tráfico pesado

A continuación, se muestra en la Figura 15 el resultado del análisis de los datos de tráfico pesado, de manera análoga a los anteriores.

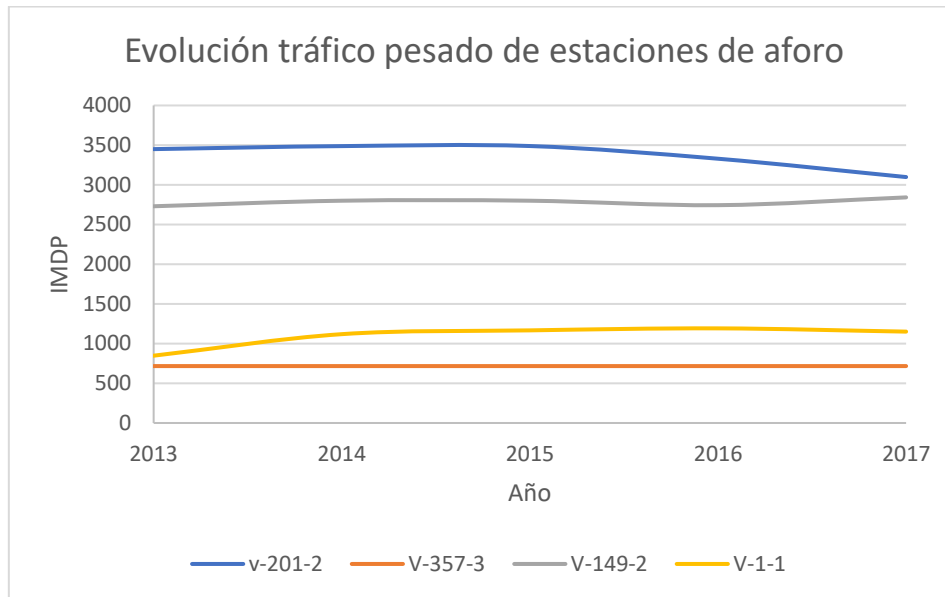


Figura 15. Evolución del tráfico pesado de las estaciones de aforo

Tal y como se muestra, los datos de tráfico pesado no muestran grandes volatilidades en los últimos años, pudiendo extraerse conclusiones significativamente diferentes a las observadas en el análisis de los datos de IMD total.

Los ramales de mayor demanda de tráfico pesado son el este, conexión Puerto de Sagunto, y el oeste, la Autovía Mudéjar, siendo superior en este último. Sin embargo, las evoluciones de dichos tráficos en los últimos años muestran una tendencia creciente del tráfico de vehículos pesados en el ramal de conexión al Puerto de Sagunto, coherente con las conclusiones que han podido obtenerse en el análisis de condicionantes de éste mismo Trabajo. Al mismo tiempo, se observa una disminución de las intensidades de vehículos pesados en la A-23.

Por otro lado, los ramales de menor demanda de tráfico pesados son el sur, conexión València, y el norte, conexión Sagunto, aunque como se ha comentado anteriormente, de este último no se disponen de datos históricos. El tráfico de pesados en el ramal sur muestra una evolución muy constante, con un ligero aumento desde 2013.



3.2.4. Conclusiones

Mediante el estudio realizado, en cuanto a intensidades totales de vehículos no pueden observarse tendencias muy evidentes en ninguno de los ramales más allá de cierto aumento de la demanda del ramal sur, siendo la A-23 el vial de mayor demanda de tráfico de los que interactúan en el enlace objeto de estudio.

En cuanto a tráfico pesado, se observa como las intensidades en los ramales norte y sur son muy inferiores a los observados en los ramales este y oeste. Por ello, los mayores flujos de demanda de tráfico pesado aparecen en la Autovía Mudéjar en el acceso a Puerto de Sagunto, estando este último en constante aumento.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que estos datos tan solo permiten identificar los órdenes de magnitud de las demandas que aparecerán en los próximos años, así como las posibles tendencias que, de manera tan solo coyuntural, puedan mostrarse a corto plazo. Sin embargo, el presente Trabajo abarca el análisis de una infraestructura de importante periodo de retorno, para lo cual cabe tener en cuenta las conclusiones extraídas del análisis de condicionantes. Estas, aunque cualitativas, permiten identificar un gran número de elementos que hacen esperar un incremento de la actividad económica e industrial, y por lo tanto también de los flujos de vehículos, especialmente pesados, desde el Puerto de Sagunto y Parc Sagunt con prácticamente todas direcciones.

3.3. Datos de estacionalidad

A continuación, se pretende realizar un análisis de la posible estacionalidad que pueda aparecer en la demanda de la infraestructura a analizar y optimizar. Para ello, se han estudiado los diferentes recursos que el Ministerio de Fomento proporciona al respecto.

En cuanto a datos provisionales de estimaciones de tráfico de la RCE en el año 2018, tan solo se muestran datos de las estaciones de aforo permanentes (tipo 0) y semipermanentes (tipo 5), por lo que no existe información analizable en ninguna de las estaciones influyentes en el área de análisis.

Observando los recursos proporcionados en cuanto a datos mensuales definitivos, el año más reciente del que se proporcionan registros de las estaciones de aforo es 2017.



Tanto en dicho año como en el histórico de años anteriores, y aunque existen registros mensuales en estaciones tanto secundarias como primarias, no aparecen datos mensuales en las estaciones secundarias V-201-2 y V-149-2, que son objeto de análisis.

Sin embargo, sí que se dispone de información mensual en todas las estaciones primarias, por lo que en el presente apartado se analizarán únicamente los datos de la única estación de aforo del ámbito de estudio de la que el Ministerio de Fomento proporciona información, la V-1-1, en el ramal sur que conecta el enlace con València. Por motivos evidentes, el año que permite estimar la estacionalidad que pueda existir en la actualidad y en los próximos años es el más reciente del que se disponen datos, es decir, 2017.

Por todo ello, los datos que permiten el análisis de la estacionalidad mensual son los mostrados en la Tabla 2:

DATOS MENSUALES 2017 ESTACIÓN V-1-1		
Mes	IMD	IMD _P
Enero	15384	1103
Febrero	16917	1203
Marzo	16787	1240
Abril	18743	1126
Mayo	17786	1254
Junio	18831	1186
Julio	21011	1089
Agosto	20947	945
Septiembre	18941	1048



Octubre	18152	1168
Noviembre	17558	1281
Diciembre	17784	1165

Tabla 2. Datos mensuales (2017) de la estación V-1-1 en el ramal sur

A raíz de dichos datos, es posible analizar la evolución de la demanda de tráfico a lo largo del año, siendo extrapolable al comportamiento del tráfico en los ramales de los que no se disponen datos al respecto.

3.3.1. Estacionalidad del tráfico total

La evolución de los datos mensuales de IMD anteriormente mostrados es la que se muestra en la Figura 16:

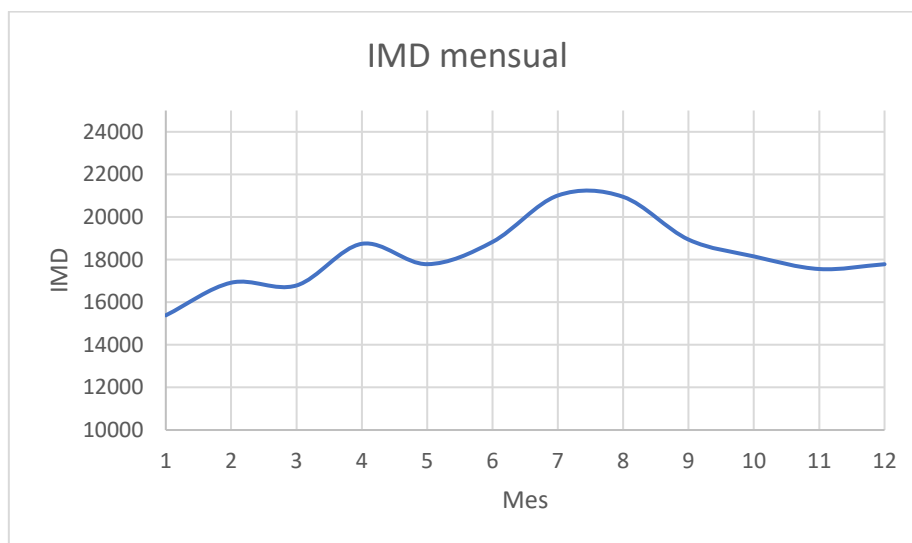


Figura 16. Estacionalidad mensual de la IMD total

Al respecto, es posible identificar la existencia de meses en los cuales los niveles de tráfico aumentan considerablemente con respecto a la intensidad media anual. Cabe tener en cuenta que, en el año 2017, como se observa, se produjo un aumento neto de la intensidad media, tal y como se ha comentado anteriormente y como se puede analizar de la diferencia de intensidad entre el inicio y el final del año.



Descontando el efecto de dicho aumento, de igual manera son identificables meses de mayor demanda en comparación con la IMD anual de 18245 vehículos. Concretamente, julio y agosto son los meses de mayor demanda, siendo en verano la intensidad en torno a un 15% superior a la intensidad media del año. En menor medida, los meses de abril, junio y septiembre también muestran intensidades superiores, aunque sin superar el 4% de aumento.

Se observa por lo tanto como existe un aumento importante de la demanda en los meses de verano, debido a la gran actividad económica y turística que aparece en el ámbito de estudio, con las poblaciones de Puerto de Sagunto y Canet d'en Berenguer. Al mismo tiempo, cabe mencionar la gran movilidad que existe en el ámbito metropolitano de València en dichos meses, por lo que el aumento de demanda identificado puede considerarse extrapolable al resto de ramales.

3.3.2. Estacionalidad del tráfico pesado

La evolución de los datos mensuales de IMD de tráfico pesado anteriormente mostrados es la que se muestra en la Figura 17:

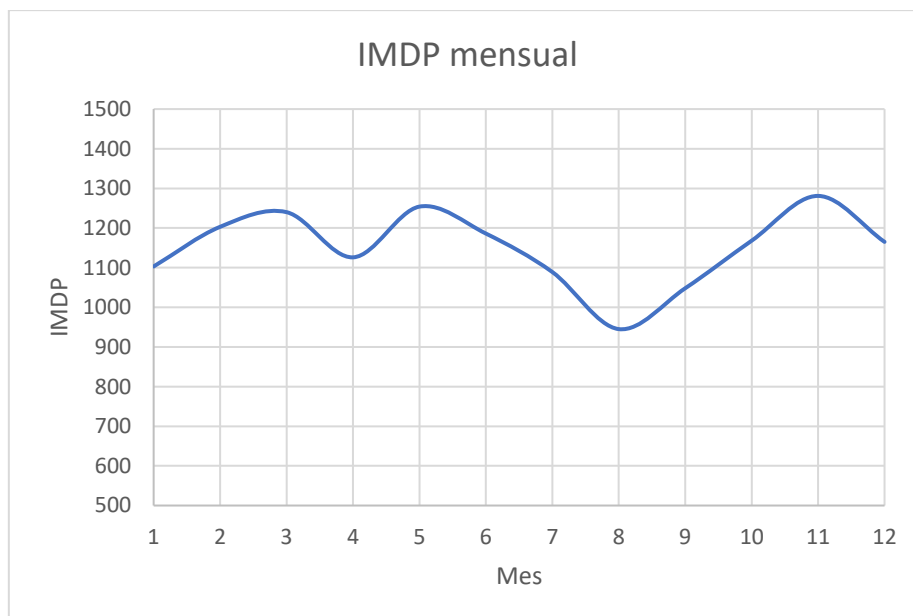


Figura 17. Estacionalidad mensual del tráfico pesado

En este caso, se observa una estacionalidad muy diferente a la que experimenta la demanda total del viario. Con respecto a la intensidad media diaria anual de tráfico pesado



que experimentó el año 2017, de 1151 vehículos pesados, existe un descenso considerable en los periodos vacacionales de Navidad y Pascuas, y muy especialmente en los meses estivales, con una reducción en el mes de agosto que se aproxima al 20% de la intensidad media anual.

Por otro lado, los meses de marzo, mayo y, especialmente, noviembre, muestran intensidades superiores, alcanzando el 110% de la IMD_P anual. Dichos aumentos coinciden con los periodos de mayor actividad económica, especialmente a final de año antes de los cierres de ejercicio.

Como ya se ha mencionado en numerosas ocasiones, las previsiones de crecimiento de tráfico pesado hacen esperar un aumento considerable de los volúmenes movilizadas en el ámbito de estudio. Sin embargo, teniendo en cuenta que este aumento de la demanda acontecerá de acuerdo a las dinámicas de la actividad económica que se desarrolle en el entorno, no caben esperar grandes diferencias en cuanto a las dinámicas de estacionalidad mostradas anteriormente.

3.4. Datos de tráfico direccional

A continuación, se pretende exponer el proceso llevado a cabo para la obtención y comprensión de los flujos direccionales que el tráfico experimenta en el ámbito de estudio.

Para ello, se requiere de unos datos de partida que, debidamente tratados, permitirán construir la matriz Origen-Destino que proporcione la información necesaria para la comprobación de los niveles de servicio de los diferentes ramales a disponer en el enlace.

3.4.1. Estimaciones de IMD anuales y mensuales

En cuanto a la información necesaria para la construcción de la matriz O-D del enlace, en primer lugar, se ha estudiado el tráfico, en IMD, que cada uno de los cuatro troncos que convergen en el enlace debe presentar en el año 2019.



Para ello se han tenido en cuenta las conclusiones obtenidas de la evolución del tráfico en el ámbito de estudio en los últimos cinco años. Según lo observado, y tratando de en todo caso tomar estimaciones del lado de la seguridad, se ha considerado una tasa de crecimiento de las IMD de los troncos norte, este y oeste de 1, respecto el último año del que se tienen intensidades medias diarias anuales, es decir, 2017. Con respecto al tronco sur, conexión València, sí que se observa una tendencia alcista en los últimos años, por lo que se ha aplicado un coeficiente que permita estimar la IMD anual en 2019:

$$k_{anual} = \frac{IMD_{sur,2017}}{IMD_{sur,2016}} = \frac{18245}{16216} = 0,125$$

$$IMD_{sur,2019} = IMD_{sur,2017} \cdot k_{anual}^2$$

De ese modo, las intensidades medias diarias que pueden estimarse, según la evolución coyuntural del tráfico, en el año 2019 en cada uno de los troncos del enlace son los mostrados en la Tabla 3:

Tronco	Conexión	IMD ₂₀₁₇	<u>IMD₂₀₁₉</u>
Sur	València	18245	23096
Norte	Sagunto	13044	13044
Este	Puerto	16418	16418
Oeste	Teruel	22234	22234

Tabla 3. Estimación de la IMD anual de 2019 en los troncos del enlace

Una vez estimado el tráfico medio de 2019, y teniendo en cuenta que se ha llevado a cabo un análisis de las intensidades horarias del enlace registradas el día 11 de abril de 2019, se ha llevado a cabo un proceso análogo al anterior, de manera que se estime la IMD que deben presentar, según las tendencias analizadas, el mes de abril de 2019.

Para ello, se han estudiado los datos de estacionalidad mensual analizados anteriormente, los cuales únicamente están disponibles para el tronco sur. Al respecto, se ha obtenido un coeficiente que representa la relación entre las intensidades medias diarias



registradas en el mes de abril y las anuales, considerando para ello los datos del año más reciente posible, 2019. Mediante dicho coeficiente, considerando que todos los troncos experimenten estacionalidades análogas, será posible estimar las IMD esperables en el mes de abril del año 2019 (Tabla 4).

$$k_{abril} = \frac{IMD_{sur,2019}^{abril}}{IMD_{sur,2019}} = \frac{18743}{18245} = 1,027$$

$$IMD_{ramal,2019}^{abril} = IMD_{ramal,2019} \cdot k_{abril}$$

Tronco	Conexión	<u>IMD₂₀₁₉</u>	<u>IMD_{abril,2019}</u>
Sur	València	23096	23727
Norte	Sagunto	13044	13400
Este	Puerto	16418	16866
Oeste	Teruel	22234	22841

Tabla 4. Estimación de la IMD mensual de abril de 2019 en los troncos del enlace

3.4.2. Aforo diario

Con el objetivo de conocer la manera en la que el tráfico se moviliza en el enlace objeto de estudio de manera direccional, se han estudiado las posibles fuentes que puedan proporcionar información al respecto.

Tras dicho análisis, se ha identificado la existencia de sensores de tráfico de la Dirección General de Tráfico del Ministerio del Interior en diversos ramales del enlace que se pretende analizar. En dichos sensores se utilizan espiras o bucles magnéticos capaces de registrar datos e intensidad horaria, velocidad, tipo de tráfico, etc. La DGT proporciona información de carácter puramente informativo sobre los registros obtenidos en este tipo de equipos, así como de niveles de circulación, retenciones, obras, eventos,

estado de cámaras, paneles o radares en todo el territorio nacional a través de un visor¹³ continuamente actualizado.



Figura 18. Sensor de tráfico "Origen València" (1) V-23 Pk 4.2 C

En el recurso mencionado, pueden encontrarse los siguientes sensores de espiras, que proporcionan información de diferentes movimientos tal y como se muestra a continuación.

- Sensor 1, “Origen València” (V-23 Pk 4.2 C): Mostrado en la Figura 18, describe el tráfico de todos los vehículos que discurren por el tronco sur del enlace en sentido creciente, es decir, de los vehículos con origen València y destino todas direcciones.
- Sensor 2, “Sagunto y Puerto hacia València” (V-23 Pk 4.2 D): Dispuesto en paralelo al sensor anterior, puede registrar el tránsito de todos los vehículos que hayan accedido al enlace desde los ramales norte y este, es decir, desde Sagunto o Puerto de Sagunto, y que se dirijan al ramal sur, dirección València.
- Sensor 3, “Teruel hacia València” (V-23 Pk 4.2 D): Dispuesto en paralelo a los dos sensores anteriores, puede registrar el tránsito de todos los vehículos que discurren por el ramal de alta capacidad con origen en la Autovía Mudéjar y destino el ramal sur hacia València.

¹³ Mapa de información de tráfico de la Dirección General de Tráfico del Ministerio de Interior <http://infocar.dgt.es/etraffic/>

- Sensor 4, “Puerto hacia Teruel y Sagunto” (V-23 Pk 5.0 C): Dispuesto en el ramal discurrido por los vehículos con origen en Puerto de Sagunto y que diverge hacia Sagunto o hacia la incorporación a la Autovía Mudéjar.
- Sensor 5, “Destino Teruel” (A-23 Pk 0.9 C): Dispuesto en la propia A-23, registra el tránsito con todos los vehículos que discurren por el ramal oeste en sentido creciente.
- Sensor 6, “Origen Teruel” (A-23 Pk 0.9 D): Dispuesto en la propia A-23, paralelo al anterior, registra el tránsito con todos los vehículos que discurren por el ramal oeste en sentido decreciente.
- Sensor 7, “Puerto hacia València” (V-23 Pk 5.0 C): Dispuesto en el ramal por el que discurren los vehículos con origen en el ramal este y destino hacia el ramal sur, convergiendo dicho ramal con el ramal en el que está dispuesto el sensor 2.

Se muestra a continuación, en la Figura 19, la ubicación de cada uno de ellos para mayor facilidad de identificación.

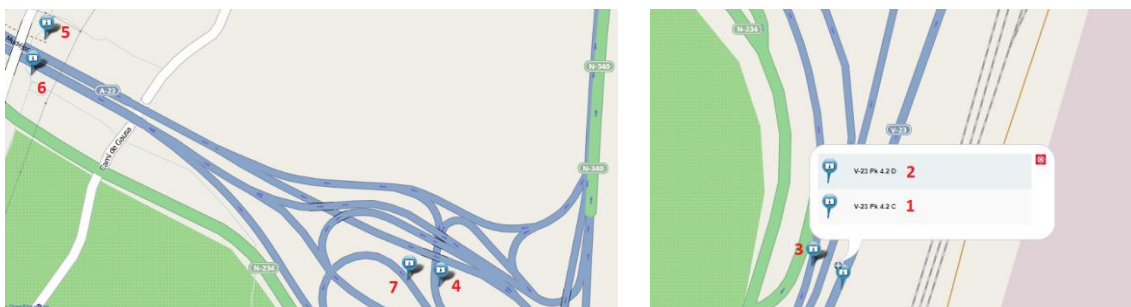


Figura 19. Ubicación de los sensores de la DGT utilizados en el aforo

Las intensidades horarias que proporciona cada uno de los sensores han sido analizadas para poder definir el tráfico de cada uno de los ramales. A lo largo del día 11 de abril de 2019 se ha realizado el aforo correspondiente, cuyos registros se muestran en el Anejo 1 de datos de aforo.

A raíz de las intensidades horarias, han sido calculadas la intensidad diaria del emplazamiento de cada sensor, como la suma de las intensidades horarias que cada uno de ellos registró. Se muestran en la Tabla 5 los resultados.



Sensor	Descripción	IMD
1	Origen València	23400
2	Sagunto y Puerto hacia València	13325
3	Teruel hacia València	9615
4	Puerto hacia Teruel y Sagunto	4515
5	Destino Teruel	14660
6	Origen Teruel	14925
7	Puerto hacia València	7050

Tabla 5. Intensidad diaria registrada en los sensores el 11 de abril de 2019 ¹⁴

En base a estas intensidades registradas, es posible también obtener las intensidades diarias de los cuatro troncos que convergen en el enlace, de manera que la intensidad del tronco sur puede obtenerse directamente como la suma de las intensidades de los sensores 1, 2 y 3; y la intensidad del tronco oeste puede calcularse directamente como la suma de los sensores 3 y 4.

Estas dos intensidades obtenidas para el día 12 de abril de 2019 muestran valores considerablemente superiores a las intensidades estimadas para abril de 2019 en el apartado anterior. Concretamente, el ramal sur presenta una intensidad un 95% superior al estimado para abril, mientras que el oeste un 30% superior. Por ello, para la estimación de la intensidad de los dos troncos cuyo volumen de tráfico no puede ser calculado directamente, se ha considerado que presentarán unos valores un 62% superiores a los estimados para abril del 2019.

¹⁴ Elaboración propia, ver cálculos en Anejo 1



3.4.3. Recopilación de resultados

Se recogen en la Tabla 6 las intensidades medias diarias que se obtuvieron en 2017, las que se han estimado para 2019 según la evolución mostrada en los últimos años, las que se han estimado para abril de 2019 según la estacionalidad mostrada en 2017, y finalmente la obtenida el 11 de abril de 2019. Como ya se ha comentado, en esta última las intensidades diarias del ramal sur y oeste han sido directamente obtenidas a través del aforo, mientras que las del ramal norte y este han sido estimadas según la comparación de las obtenidas directamente con las estimadas para abril.

Tronco	Conexión	IMD			
		2017	2019	Abril 2019	11-04-2019
Sur	València	18245	23096	23727	46340
Norte	Sagunto	13044	13044	13400	21764
Este	Puerto	16418	16418	16866	27393
Oeste	Teruel	22234	22234	22841	29585

Tabla 6. Recopilación de resultados de IMD en los troncos del enlace

3.5. Matrices Origen – Destino

En base a todos los datos obtenidos en el estudio anteriormente expuesto, se ha realizado una estimación de los flujos direccionales de tráfico que pueden acontecer en el enlace objeto de estudio.

3.5.1. Procedimiento

Estos tráfico direccionales se describen mediante una matriz origen-destino, exponiéndose en la Tabla 7 el formato y nomenclatura que presenta para poder describir



posteriormente los cálculos directos, suposiciones y estimaciones para poder obtener resultados consistentes con los datos obtenidos anteriormente.

		TRONCO DE DESTINO			
		SUR	ESTE	NORTE	OESTE
TRONCO DE ORIGEN	SUR	IMD_{SS}	IMD_{SE}	IMD_{SN}	IMD_{SW}
	ESTE	IMD_{ES}	IMD_{EE}	IMD_{EN}	IMD_{EW}
	NORTE	IMD_{NS}	IMD_{NE}	IMD_{NN}	IMD_{NW}
	OESTE	IMD_{WE}	IMD_{WE}	IMD_{WN}	IMD_{WW}

Tabla 7. Formato de matriz O-D

Se expone a continuación las diferentes consideraciones realizadas para el cálculo de cada uno de los términos:

- Tanto a partir de las intensidades de los sensores, como por el hecho de que tan solo se permite el cambio de sentido en la N-340, los siguientes componentes pueden ser calculados directamente:
 - $IMD_{SS} = 0$
 - $IMD_{EE} = 0$
 - $IMD_{WW} = 0$
 - $IMD_{ES} = \text{Sensor7}$
 - $IMD_{NS} = \text{Sensor2} - \text{Sensor7}$
 - $IMD_{WE} = \text{Sensor3}$
- Posteriormente se han estimado los tráfico EN y EW, caracterizados ambos en el sensor 4, cuyo volumen puede ser repartido en función de la intensidad que muestran los troncos N y W.
 - $IMD_{EN} = \text{Sensor4} * IMD_N / (IMD_N + IMD_W)$



- $IMD_{EW} = \text{Sensor4} * IMD_W / (IMD_N + IMD_W)$
- Posteriormente se han estimado los tráficos con origen València (S), hacia el este, norte y oeste. Los tres valores constituyen, en conjunto, la intensidad del sensor 1, cuyo volumen puede ser repartido en función de la intensidad que muestran los troncos E, N y W.
 - $IMD_{SE} = \text{Sensor1} * IMD_E / (IMD_E + IMD_N + IMD_W)$
 - $IMD_{SN} = \text{Sensor1} * IMD_N / (IMD_E + IMD_N + IMD_W)$
 - $IMD_{SW} = \text{Sensor1} * IMD_W / (IMD_E + IMD_N + IMD_W)$
- Del mismo modo, se han estimado los tráficos WE y WN, caracterizados ambos descontando del sensor 6 del tráfico WS, cuyo volumen puede ser repartido en función de la intensidad que muestran los troncos E y N.
 - $IMD_{WE} = (\text{Sensor6} - \text{Sensor3}) * IMD_E / (IMD_E + IMD_N)$
 - $IMD_{WN} = (\text{Sensor6} - \text{Sensor3}) * IMD_N / (IMD_E + IMD_N)$
- Por último, se han calculado los valores que debe presentar la suma de cada fila y cada columna, menos para la N-340 para la cual los datos utilizados no proporcionan suficiente información. Con ello, se han calculado los tráficos NE y NW, y se ha definido un valor estimado para el tráfico NN, del lado de la seguridad, que proporcione consistencia a la matriz.
 - Origen S = Sensor1
 - Origen E = Sensor4 + Sensor7
 - Origen W = Sensor6
 - Destino S = $\sum IMD_{Si}$
 - Destino E = $IMD_E - \text{Origen E}$
 - Destino W = Sensor5
 - $IMD_{NE} = \text{Destino E} - IMD_{SE} - IMD_{EE} - IMD_{WE}$
 - $IMD_{NW} = \text{Destino W} - IMD_{SW} - IMD_{EW} - IMD_{WW}$



A partir de este procedimiento de cálculo, ha sido posible estimar con bastante consistencia la matriz O-D que va a presentar el enlace.

Este procedimiento se ha llevado a cabo para la obtención de un total de cuatro matrices O-D que se expondrán más adelante:

- Matriz O-D del 11 de abril de 2019, utilizando como IMD de los troncos las obtenidas en el aforo de dicho día, y como intensidades registrada en los sensores las obtenidas también en el aforo del día en cuestión.
- Matriz O-D de abril de 2019, utilizando como IMD de los troncos las estimadas para abril de 2019 a partir de la evolución de los últimos años y de la estacionalidad; y como intensidades registradas en los sensores las obtenidas en el aforo aplicándoles la relación que se ha visto anteriormente que existía entre los datos del aforo y los estimados para abril de 2019. Es decir, las intensidades de los sensores 1, 2 y 3 se han reducido un 95%, las de los sensores 5 y 6 un 30% y las de los sensores 4 y 7 un 62%.
- Matriz O-D del año 2019, utilizando como IMD de los troncos las estimadas para 2019 a partir de la evolución de los últimos años; y como intensidades las calculadas en la matriz anterior para abril de 2019, pero aplicándoles el coeficiente k_{abril} que consideraba la estacionalidad del mes con respecto a la IMD anual.
- Matriz O-D del año 2019 calculada con vehículos equivalentes. Para ello, se utiliza como IMD de los troncos y de los sensores las usadas en la matriz anterior, aunque aplicando a todas ellas el porcentaje de vehículos pesados de manera que estos se contabilicen como dos vehículos. En cuanto a los porcentajes de vehículos pesados de los troncos, estos se obtienen de los datos obtenidos de los Mapas de Tráfico del Ministerio de Fomento. Por otro lado, para el tráfico pesado que circula sobre los sensores, se han realizado las siguientes consideraciones:
 - Sobre el sensor 1, el porcentaje de pesados es el del tronco sur.
 - Sobre el sensor 2, el porcentaje de pesados se calcula como combinación lineal de los de los troncos sur, norte y este, ponderados según su IMD registrada durante el aforo del 11 de abril.



- Sobre el sensor 3, el porcentaje de pesados se calcula de manera análoga al anterior, como combinación lineal de los de los troncos sur y oeste.
- Sobre el sensor 4, el porcentaje de pesados se calcula de manera análoga a los anteriores, como combinación lineal de los de los troncos norte, este y oeste.
- Sobre el sensor 5 y 6, el porcentaje de pesados es el del tronco oeste.
- Sobre el sensor 7, el porcentaje de pesados se calcula de manera análoga a los sensores 2, 3 y 4, como combinación lineal de los de los troncos este y sur.

3.5.2. Resultados

A continuación, se muestran las matrices de intensidades medias diarias obtenidas para los diferentes periodos de tiempo considerados, estos son:

- Matriz O-D de las IMD obtenidas el día del aforo realizado, 11 de abril de 2019
- Matriz O-D de las IMD estimadas para abril de 2019
- Matriz O-D de las IMD estimadas para el año 2019
- Matriz O-D de las IMD estimadas para el año 2019 en vehículos equivalentes
- Matriz O-D de la intensidad horaria registrada en la hora punta del 11 de abril de 2019.
- Matriz O-D de la intensidad horaria media del día 11 de abril de 2019.



MATRIZ O-D 11 ABRIL 2019

		DESTINO			
		SUR	ESTE	NORTE	OESTE
ORIGEN	SUR	0	8141	6468	8792
	ESTE	7050	0	1914	2601
	NORTE	6275	4729	150	3267
	OESTE	9615	2959	2351	0

MATRIZ O-D ABRIL 2019

		DESTINO			
		SUR	ESTE	NORTE	OESTE
ORIGEN	SUR	0	3805	3023	5153
	ESTE	4341	0	1028	1752
	NORTE	2482	2263	-273	4413
	OESTE	4923	3678	2922	0

MATRIZ O-D 2019

		DESTINO			
		SUR	ESTE	NORTE	OESTE
ORIGEN	SUR	0	3704	2943	5016
	ESTE	4225	0	1001	1705
	NORTE	2416	2203	-266	4296
	OESTE	4792	3580	2844	0

MATRIZ O-D 2019 VEHÍCULOS EQUIVALENTES

		DESTINO			
		SUR	ESTE	NORTE	OESTE
ORIGEN	SUR	0	4077	2907	5379
	ESTE	4652	0	1068	1977
	NORTE	2583	3023	-273	5203
	OESTE	5229	4412	3146	0

MATRIZ O-D INTENSIDAD HORA PUNTA (11 ABRIL)

		DESTINO			
		SUR	ESTE	NORTE	OESTE
ORIGEN	SUR	0	650	516	684
	ESTE	525	0	140	185
	NORTE	425	339	50	256
	OESTE	675	181	144	0

MATRIZ O-D INTENSIDAD MEDIA (11 ABRIL)

		DESTINO			
		SUR	ESTE	NORTE	OESTE
ORIGEN	SUR	0	342	272	370
	ESTE	295	0	80	109
	NORTE	263	200	50	138
	OESTE	404	124	98	0

Tabla 8. Matrices Origen-Destino obtenidas en el ámbito de estudio

4. ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

4.1. Análisis de velocidades

Con el objetivo de identificar y parametrizar las diferentes características y problemas funcionales que pueda presentar el enlace objeto de estudio, se ha realizado un análisis de las velocidades de proyecto que se señalizan en cada uno de los tramos y ramales presenten en el nudo.

Con ese objetivo, se muestra la Figura 20, más detalladamente desarrollada en el **Plano XXX**. Puede observarse, en la misma, las velocidades según señalización de cada uno de los tramos, pudiendo realizarse una primera caracterización de los diferentes movimientos que los usuarios puedan llevar a cabo.

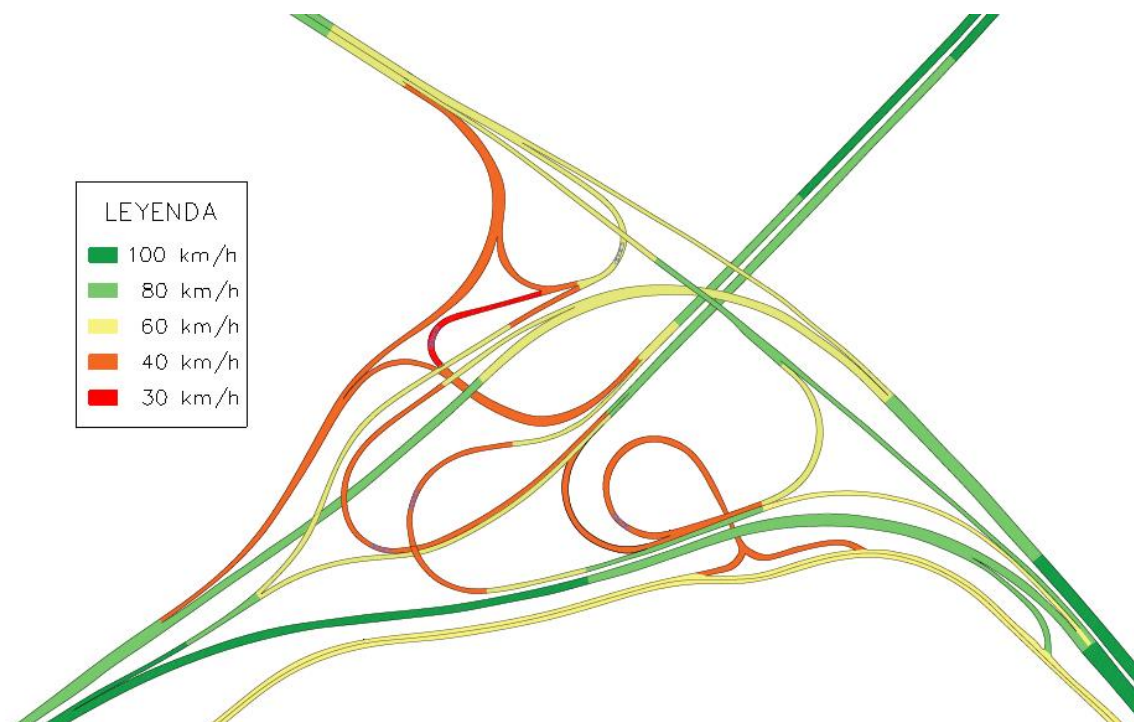


Figura 20. Esquema de velocidades de proyecto

Puede observarse cómo los ramales que se conectan a través del enlace son viales de alta capacidad, con velocidades que, en direcciones origen y destino València, Teruel



y/o Puerto de Sagunto, alcanzan los 100 km/h. Sin embargo, existen diferentes ramales de conexión dentro del propio enlace que, por geometría, requieren disminuciones importantes de velocidad. Destacan:

- Ramal en lazo a derechas con Origen – Destino València – Puerto de Sagunto.
- Ramal en lazo a izquierdas Sagunto – Puerto de Sagunto
- Ramal en asa interior Puerto de Sagunto – València
- Viales norte que conectan Sagunto – Teruel – Puerto de Sagunto
- Ramal de incorporación a la N-234

Estos viales, especialmente aquellos que tienen como origen y destino València, Puerto de Sagunto o Teruel, presentan problemas importantes de funcionalidad. Todos ellos se ven sometidos a importantes demandas de tráfico pesado, debido a la gran influencia del Puerto de Sagunto en el funcionamiento de la infraestructura. El hecho de que, en una infraestructura como la que se estudia en el presente Trabajo, existan un número considerable de movimientos que deben realizarse a velocidades muy reducidas, genera problemas importantes desde el punto de vista funcional, económico y medioambiental:

- Capacidades muy reducidas de los ramales interiores del enlace, con retenciones tanto por niveles de tráfico como por la dificultad de los vehículos pesados para circular por las curvas de radios reducidos. En cuanto a funcionalidad, el enlace funciona como un cuello de botella para la Autovía Mudéjar y la V-23.
- Mayores distancias y, especialmente, tiempos de recorrido, de las rutas principales de salida y acceso al Puerto de Sagunto, junto con los mayores consumos de combustible debidos a las distancias de recorrido, la circulación a marchas reducidas, y las importantes aceleraciones y deceleraciones necesarias en cortos espacios.
- Mayores emisiones de gases contaminantes derivados del consumo de combustible, en un entorno cercano a un núcleo urbano y a espacios de protección medioambiental.



Para poder analizar con mayor precisión cada una de las curvas que conforman el enlace, se ha planteado la nomenclatura de cada una de ellas tal y como se muestra en la Figura 21, pudiendo caracterizar en la Tabla 9 cada una de ellas por la velocidad a la que, según lo mostrado anteriormente, debe circularse.

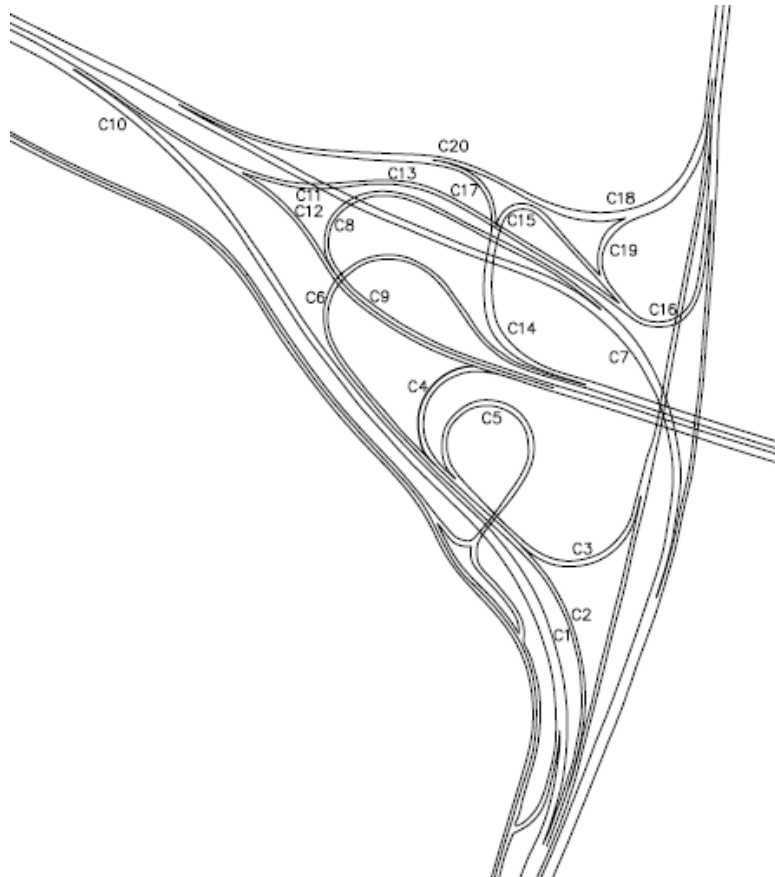


Figura 21. Nomenclatura de curvas

Curva	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Vp (km/h)	80	60	60	40	40	40	60	40	40/60	100
Curva	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20
Vp (km/h)	60	60	60	40	30	60	40	40	40	40

Tabla 9. Velocidades de señalización por curvas



4.2. Análisis de recorridos

Una vez caracterizados todos los diferentes tramos existentes en función de la velocidad a la que debe circularse por los mismos, a continuación, se pretende realizar un análisis de las características funcionales de cada uno de esos tramos, así como su influencia en el enlace. Para ello, se han caracterizado todos las posibles recorridos que cualquier vehículo, desde los cuatro ramales origen que llegan al enlace objeto de estudio, puede realizar. El objetivo fundamental es el de poder identificar claramente los problemas funcionales que deben afrontar los vehículos, más allá de la velocidad a la que deban circular.

4.2.1. Movimientos con origen A-23 sentido decreciente (Teruel)

Todos los tramos a los que tiene acceso cualquier vehículo que acceda a la infraestructura objeto de estudio desde la A-23 en sentido kilométrico decreciente, hacia el Este, son los mostrados en la Figura 22:

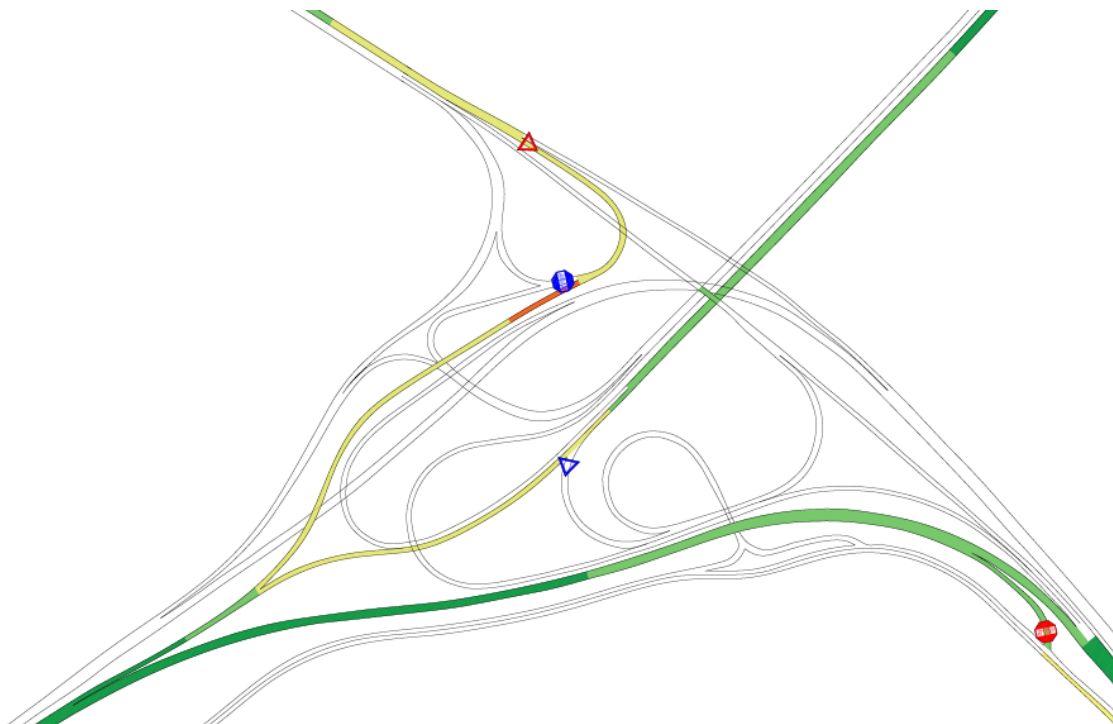


Figura 22. Movimientos con origen Teruel



Como puede observarse, la A-23 es uno de los orígenes que presenta un número menor de problemáticas funcionales a las que deben enfrentarse los usuarios, especialmente con destinos València y Puerto de Sagunto.

Los vehículos con destino València deben realizar un giro directo a derechas en el cual deben reducir su velocidad de 100 a 80 km/h, velocidades superiores a los 60 km/h que indica la Norma 3.1-IC como velocidades mínimas a las que deben diseñarse ramales de acceso directos a derechas¹⁵. Estos vehículos pueden incorporarse, tras un largo carril de divergencia y respetando un “stop”, a la antigua nacional N-234.

El resto de los vehículos debe alcanzar el punto en el cual, al mismo tiempo en el que deben disminuir su velocidad a 60 km/h, el trazado diverge en dos direcciones. Los vehículos con dirección Puerto de Sagunto no deben realizar maniobra alguna, incorporándose a su trayectoria tanto vehículos con origen Sagunto, que deben respetar una señal de “ceda el paso”, como vehículos con origen València, cuyo carril no se incorpora hasta no alcanzarse los 80 km/h.

Los vehículos con destino Sagunto son los que presentan mayores dificultades en su trayectoria, debiendo disminuir su velocidad hasta los 40 km/h en un tramo. Tras dicho tramo, en el que pueden incorporarse vehículos respetando un “stop” con origen Sagunto o Puerto de Sagunto, se debe finalmente respetar un “ceda el paso” para incorporarse a la N-340 dirección Sagunto.

4.2.2. Movimientos con origen V-23 sentido creciente (València)

Todos los tramos a los que tiene acceso cualquier vehículo que acceda a la infraestructura objeto de estudio desde la V-23 en sentido kilométrico decreciente, hacia el Norte, son los mostrados en la Figura 23:

¹⁵ En todos los ramales de enlace se analizará su concordancia con las indicaciones que se realizan en la Tabla 10.8 de la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras (2016). Indica las velocidades de proyecto mínimas para, tanto en tramos urbanos como en inter/periurbanos, ramales de tipo lazo, directo a derechas o izquierdas, asa interior o exterior, semidirecto y círculo.



Figura 23. Movimientos con origen València

Presenta uno de los problemas críticos que cabe resolver en el presente Estudio, fundamentalmente por las geometrías con las que se diseñaron las curvas C7 y C8, en base a la nomenclatura planteada anteriormente.

Los vehículos con destino Teruel deben trazar a izquierdas la curva C7 que, aun normativamente correcta en cuanto a trazado en planta, presenta niveles importantes de siniestralidad debidos a los bajos niveles de visibilidad y los radios reducidos existentes. Además, esta curva constituye un ramal de acceso directo a izquierdas, para los cuales la Norma 3.1-IC indica que deben ser diseñadas con una velocidad mínima de proyecto de 80 km/h no respetada en la infraestructura estudiada. Metros después de superar dicha curva, pueden incorporarse tras respetar un “ceda el paso” vehículos con origen Sagunto y Puerto de Sagunto.

Los vehículos con destino Puerto de Sagunto deben, además de trazar parte de la curva C7 anteriormente analizada, realizar la curva C8, un acceso en lazo a derechas a 40 km/h. El lazo se ejecuta mediante curvas circulares de radios muy reducidos, de difícil trazado para la circulación de vehículos pesados que generan frecuentes retenciones por su dificultad tanto para realizar correctamente los giros como para alcanzar,



posteriormente y en poca distancia, velocidades de 80 km/h para poder incorporarse a la V-23 dirección Puerto de Sagunto. Además, tal y como ocurre con la conexión València-Teruel, la curva C8 tampoco cumple con las velocidades mínimas según el tipo de ramal. Constituye, como se ha comentado, un ramal de acceso en lazo a derechas, para los cuales la Norma 3.1-IC indica que deben ser diseñadas con una velocidad mínima de proyecto de 50 km/h.

Por último, los vehículos con destino Sagunto no presenta problema alguno en su trazado, debiendo circular por un trazado sin curvas importantes, aunque debiendo reducir su velocidad a los 60 km/h y pudiéndose incorporar otros vehículos con origen Sagunto y Puerto de Sagunto, tras respetar un “ceda el paso”.

4.2.3. Movimientos con origen V-23 sentido decreciente (Puerto de Sagunto)

Todos los tramos a los que tiene acceso cualquier vehículo que acceda a la infraestructura objeto de estudio desde la V-23 en sentido kilométrico decreciente, hacia el Oeste, son los que se muestran en la Figura 24:

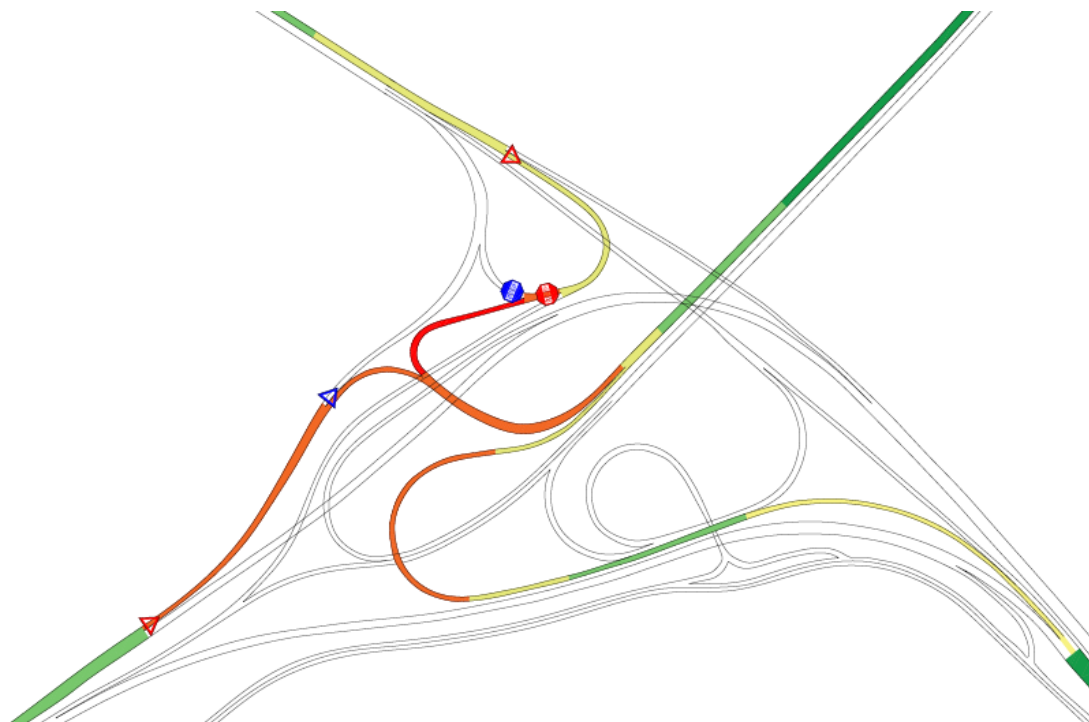


Figura 24. Movimientos con origen Puerto de Sagunto



Es otro de los orígenes cuyos movimientos presentan problemas funcionales importantes. Al respecto, cabe destacar que este ramal constituye la ruta principal de los vehículos pesados con origen en el Puerto de Sagunto, un centro logístico de importancia nacional y de grandes previsiones de crecimiento.

Los vehículos con destino València deben trazar a 40 km/h la curva C6, una curva que presenta un trazado con importantes dificultades, por geometría, para el giro de trenes de carretera, que son los vehículos patrón que deben considerarse para el diseño de este enlace según la Instrucción de Trazado. Del mismo modo que ocurre con otras conexiones, la curva mencionada constituye un ramal de conexión a izquierdas en asa interior, para los cuales la Norma 3.1-IC indica que deben ser diseñadas con una velocidad mínima de proyecto de 60 km/h, que no se respeta en la presente infraestructura.

El resto de los vehículos debe encarar un carril de deceleración que da acceso a la curva C14, tras la cual el trazado diverge en dos direcciones. Los vehículos con destino Teruel deben trazar, en “S”, las curvas C14 y C17, ambas de radios y velocidades reducidas, a 40 km/h. Tras esta concatenación de curvas pueden incorporarse vehículos con origen Sagunto, tras respetar un “ceda el paso”, para finalmente poderse incorporar mediante un carril de aceleración, alcanzándose los 80 km/h, a la A-23, debiéndose respetar el “ceda el paso” del carril de cambio de velocidad en cuestión.

Los vehículos con destino Sagunto deben también tomar, en “C”, las curvas C14 y C15, la última de las cuales constituye el tramo de velocidad de proyecto más reducida de los presentes en el enlace objeto de estudio, debiéndose circular a 30 km/h. Tras este tramo se alcanza un punto con un gran número de conflictos, pues prácticamente en el mismo punto pueden incorporarse respetando un “stop” vehículos con origen Sagunto y, además, debe respetarse un “stop” para poder incorporarse a la curva C16 por la que, a 60 km/h, circulan vehículos con origen Teruel. Tras esta curva, de importantes dificultades para trazar a la velocidad indicada, debe respetarse un “ceda el paso” para incorporarse a la N-340 en dirección Sagunto.

4.2.4. Movimientos con origen N-340 sentido decreciente (Sagunto)

Todos los tramos a los que tiene acceso cualquier vehículo que acceda a la infraestructura objeto de estudio desde la N-340 en sentido kilométrico decreciente, hacia el Sur, son los que se muestran en la Figura 25:



Figura 25. Movimientos con origen Sagunto

Sagunto es el origen, para la infraestructura objeto de estudio en el presente Trabajo, que aporta menores niveles de demanda, siendo por ello la que más dificultades debe superar en los movimientos que puede realizar.

Los vehículos con destino Teruel debe recorrer el ramal de conexión directo a derechas, el cual presenta dos señales de “ceda el paso” que deben respetarse. La primera de ellas permite la incorporación al ramal por el que circulan vehículos con origen Puerto de Sagunto. El segundo de ellos es el ya mencionado perteneciente al carril de aceleración que permite la incorporación a la A-23 dirección Teruel.

Los vehículos con destino València no tienen dificultad alguna, realizando un recorrido sin curvas importantes de manera análoga a como ocurre en dirección opuesta.



Los vehículos con destino Puerto de Sagunto deben recorrer un ramal de conexión en lazo a izquierdas caracterizado por las curvas C3 y C4, las cuales deben tomarse a 60 y 40 km/h respectivamente. Son curvas de reducidos niveles de seguridad, con curvas reducidas y tras las cuales debe respetarse un “ceda el paso” de reducida visibilidad para poder incorporarse al tramo de la V-23 por la que circulan los vehículos con origen Teruel. Además, constituye un tipo de ramal que debe diseñarse a 50 km/h tal y como indica la Norma 3.1-IC. Además, este mismo ramal dispone el acceso a otro lazo que permite la incorporación a la antigua nacional N-234 en ambos sentidos, respetando en ambos casos señales de “stop”.

Por último, el enlace objeto de estudio permite realizar, a los vehículos con origen Sagunto, realizar un cambio de sentido a través de la ya analizada curva C16, debiendo respetar las diferentes señales de “stop” presentes en el punto conflictivo anteriormente mencionado.

4.3. Trazado en planta de curvas circulares

Anteriormente han sido identificados posibles problemas funcionales en los diferentes tramos que conforman las conexiones entre los ramales del enlace. A continuación, se demuestra cómo la gran mayoría de las dificultades que aparecen en los posibles movimientos de la infraestructura son debidos al incumplimiento de los criterios que actualmente establece la Norma 3.1-IC en cuanto a coordinación de velocidades, peraltes y radios de giro en las curvas circulares que integra cada uno de los ramales.

Atendiendo a la nomenclatura de curvas ya mencionada, se han medido y recogido en la Tabla 10 los radios de las circunferencias que definen el eje de cada una de las curvas, añadiéndose a los valores de velocidades de proyecto ya mostrados anteriormente.

Curva	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Vp (km/h)	80	60	60	40	40	40	60	40	40/60	100
R (m)	266	186	63	48	42	60	212	44	139	556



Curva	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20
Vp (km/h)	60	60	60	40	30	60	40	40	40	40
R (m)	160	208	151	66	24	38	53	104	37	191

Tabla 10. Velocidades de proyecto y radios de giro por curvas

4.3.1. Velocidades, radios y peraltes. Seguridad.

Los principales parámetros que describen el comportamiento de un vehículo circulando por una curva circular son la velocidad a la que circula, el radio de la curva, el peralte y el coeficiente del rozamiento transversal movilizado. Todos ellos son los parámetros que utiliza el modelo propuesto por la Norma 3.1-IC consistente en establecer el equilibrio transversal del vehículo como sólido rígido y prescindiendo del sistema de suspensión. El modelo proporciona una expresión que relaciona los diferentes parámetros anteriormente mencionados:

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

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 (%)

Se considerará en todo caso que las curvas circulares que se analizan en el presente apartado se han ejecutado de modo que en ningún caso se sobrepasen, para una velocidad específica V_e igual a la velocidad de proyecto de cada curva, los siguientes valores de la Tabla 11 para el coeficiente transversal movilizado.



V_e (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
f_{tMAX}	0.21	0.195	0.18	0.166	0.151	0.137	0.122	0.113	0.104	0.096	0.087

Tabla 11. Coeficientes de rozamiento transversal máximo ¹⁶

Para poder realizar la comprobación de la geometría de las curvas, se han medido a partir de la cartografía tridimensional los peraltes máximos existentes en cada una de ellas. Dicho peralte será por lo tanto comprobado en base a las indicaciones que realiza la norma con respecto a los peraltes necesarios en función del tipo de vía y el radio de la curva. En ese sentido, se muestran en la Tabla 12 los peraltes máximos que deben cumplirse, considerando los ramales del enlace pertenecientes al “grupo 3” de los indicados en la tabla 4.5. de la 3.1-IC. Posteriormente, en la Tabla 13, se muestran los resultados de la medición de peraltes, así como la comprobación pertinente.

Radio (m)	Peralte (%)
$50 \leq R \leq 350$	7
$350 \leq R \leq 2500$	$7 - 6,65 \cdot (1 - 350/R)^{1,9}$
$2500 \leq R \leq 3500$	2
$3500 \leq R$	Bombeo

Tabla 12. Criterio de diseño de peraltes ¹⁷

Curva	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Peralte	7,9	2,9	5,4	7,4	7,7	5,1	3,4	8,9	6,8	3,9
Peralte máx	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6

¹⁶ Fuente: Tabla 4.3. de la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras

¹⁷ Fuente: Tabla 4.5. de la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras



Curva	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20
Peralte	6,3	2,0	6,4	6,0	8,0	6,2	5,3	7,0	4,7	2,7
Peralte máx	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

Tabla 13. Medición y comprobación de peraltes

Según el radio y peralte medido para cada una de las curvas a analizar, se ha establecido un procedimiento iterativo para calcular cual debe ser la velocidad máxima a la cual se debe circular en la respectiva curva para asegurar el equilibrio transversal del vehículo.

El procedimiento iterativo comienza con el cálculo del coeficiente de rozamiento transversal movilizado en la situación actual, con las velocidades de proyecto y los peraltes y radios medidos. A partir de dicho valor de coeficiente de rozamiento transversal se calcula, mediante interpolación lineal en la tabla anterior, la velocidad para la cual dicho coeficiente de rozamiento es el máximo permitido por la Norma. Mediante esa velocidad, peralte y el radio medido de la curva se repite el proceso de cálculo en una nueva iteración que se repite hasta que convergen los valores de velocidad y f_t . Para el problema planteado, ha sido suficiente con tres iteraciones, cuyos resultados se muestran en la Tabla 14, pudiéndose comprobar en qué curvas la velocidad de proyecto es superior a la velocidad máxima que garantiza el equilibrio transversal del vehículo.

CURVA	p	R (m)	Primera iteración		Segunda iteración		Tercera iteración		$V_{\max,IC}$ (km/h)	CUMPLE
			V_p (km/h)	f_t	$V_{\max,IC.1}$ (km/h)	f_t	$V_{\max,IC.2}$ (km/h)	f_t		
C1	7.9	266	80	0.122	82.37	0.120	81.93	0.120	82.01	SI
C2	2.9	186	60	0.151	65.27	0.144	64.01	0.145	64.25	SI
C3	5.4	63	60	0.151	40.46	0.179	43.17	0.176	42.82	NO



C4	7.4	48	40	0.18	39.35	0.181	39.43	0.181	39.42	NO
C5	7.7	42	40	0.18	37.05	0.184	37.36	0.184	37.33	NO
C6	5.1	60	40	0.18	41.93	0.177	41.68	0.178	41.71	SI
C7	3.4	212	60	0.151	70.52	0.136	67.64	0.140	68.45	SI
C8	8.9	44	40	0.18	38.74	0.182	38.88	0.182	38.86	NO
C9	6.8	139	40/60	0.151	62.17	0.148	61.74	0.149	61.82	SI
C10	3.9	556	100	0.104	100.56	0.104	100.40	0.104	100.45	SI
C11	6.3	160	60	0.151	65.87	0.143	64.59	0.145	64.87	SI
C12	2.0	208	60	0.151	67.14	0.141	65.15	0.144	65.71	SI
C13	6.4	151	60	0.151	64.18	0.145	63.30	0.146	63.48	SI
C14	6.0	66	40	0.18	44.87	0.173	44.22	0.174	44.31	SI
C15	8.0	24	30	0.195	28.95	0.197	29.03	0.196	29.02	NO
C16	6.2	38	60	0.151	32.08	0.192	35.02	0.187	34.72	NO
C17	5.3	53	40	0.18	39.57	0.181	39.62	0.181	39.61	NO
C18	7.0	104	40	0.18	57.46	0.155	54.49	0.159	55.02	SI
C19	4.7	37	40	0.18	32.70	0.191	33.47	0.190	33.39	NO
C20	2.7	191	40	0.18	70.90	0.136	62.85	0.147	65.01	SI

Tabla 14. Comprobación de velocidades por diseño en planta de curvas circulares



4.3.2. Velocidades mínimas según tipo de ramal. Funcionalidad.

Anteriormente se ha comprobado cómo existen diferentes curvas, algunas de gran importancia en el funcionamiento del enlace, que no cumplen con los criterios que establece la Norma 3.1-IC para garantizar la seguridad en la circulación de vehículos en toda curva circular a velocidad constante¹⁸. A continuación, se demuestra cómo, además de no cumplir con las restricciones geométricas anteriormente mencionadas, existen diversas curvas que no cumplen con los criterios que establece la Instrucción en cuanto a las velocidades de operación mínimas con las que deben diseñarse los ramales de conexión en un enlace como el estudiado. Estos son los mostrados en la Tabla 15:

Tipo de ramal de enlace	Velocidad de proyecto (V_p) mínima (km/h)	
	Tramos interurbanos y periurbanos	Tramos urbanos
Lazo	50	40
Directo a derechas	60	50
Asa interior	60	50
Semidirecto	60	50
Círculo	80	70
Asa exterior	80	70
Directo a izquierdas	80	70

Tabla 15. Velocidades mínimas de proyecto según el tipo de ramal de enlace ¹⁹

¹⁸ El procedimiento iterativo realizado supone la circulación de vehículos por la curva a velocidad constante, aunque en muchas de las curvas analizadas se exige una variación de la velocidad, requiriendo incluso parada al final de la misma, cuya visibilidad deberá ser analizada. Sin embargo, se plantea la necesidad de cumplir con las exigencias de la Norma para velocidad constante, al ser más restrictiva que la consideración de la variación de la velocidad.

¹⁹ Fuente: Tabla 10.8. de la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras



Para el presente Trabajo se considerarán en todo caso los valores indicados para tramos interurbanos y periurbanos, debido a la ubicación de la infraestructura analizada.

Para el análisis que se pretende abarcar, y considerando la singularidad del enlace estudiado, se han caracterizado en la Tabla 16 las diferentes curvas según su pertenencia a un tipo de ramal identificable entre los diferenciados en la Norma a través de la tabla anterior.

Sin embargo, existen otros casos en los cuales los ramales no respetan un patrón identificable con ninguno de los tipos considerados, por lo que no serán objeto de estudio en el presente apartado.

Curva	R (m)	V _p (km/h)	Tipo ramal	V _{min según ramal}	CUMPLE
C1	266	80	Directo a derechas	60	SI
C2	186	60	Asa interior	60	SI
C3	63	60	Lazo	50	SI
C4	48	40	Lazo	50	NO
C5	42	40	Lazo	50	NO
C6	60	40	Asa interior	60	NO
C7	212	60	Directo a izquierdas	80	NO
C8	44	40	Lazo	50	NO
C9	139	40/60	Lazo a derechas	50	NO
C10	556	100	Directo a derechas	60	SI
C11	160	60	-	-	-



C12	208	60	-	-	-
C13	151	60	-	-	-
C14	66	40	-	-	-
C15	24	30	-	-	-
C16	38	60	-	-	-
C17	53	40	-	-	-
C18	104	40	-	-	-
C19	37	40	-	-	-
C20	191	40	-	-	-

Tabla 16. Comprobación de velocidades según tipo de ramal de conexión

4.4. Elementos de cambios de trayectoria y velocidad

4.4.1. Caracterización de carriles y cuñas de cambio de velocidad

Se han realizado las pertinentes mediciones y caracterizaciones de la geometría de los diferentes elementos cuyo objetivo es el de permitir la incorporación de un ramal a otro del enlace, incorporando o no un cambio de velocidad de proyecto.

Al respecto, cabe destacar la existencia de:

- Carriles de cambio de velocidad, dispuestos de sus respectivas cuñas de transición, pudiendo diferenciarse entre:
 - o Carriles de aceleración de tipo paralelo, de ancho constante y cuña de transición en su final
 - o Carriles de deceleración de tipo paralelo, de ancho constante y cuña de transición en su inicio



- Carriles de deceleración de tipo directo, de ancho variable.
- Cuñas de cambio de velocidad, pudiendo diferenciarse entre:
 - Cuñas de incorporación o aceleración
 - Cuñas de salida o deceleración
 - Cuñas reducidas, tanto de salida como de incorporación

La Instrucción de Trazado que se está utilizando a lo largo del presente Trabajo define o los valores, o el proceso de cálculo, de las dimensiones mínimas que deben presentar estos elementos. Dichas dimensiones mínimas serán expuestas posteriormente, para poder comprobar la validez de los diseños de los elementos existentes actualmente en el enlace.

Para poder medir correctamente las dimensiones a comprobar, se debe considerar el criterio que la Norma 3.1-IC establece para ello, resumido en la siguiente figura. En ese sentido, se deben realizar las mediciones teniendo en cuenta que:

- Las cuñas de transición tienen, como extremos, la “sección característica de 0,0 m”, en base a la definición de la Norma, y la sección en la que se alcanza un ancho de carril de 3,5 m.
- Los carriles de aceleración o deceleración tienen, como extremos, la sección en la que se alcanza un ancho de carril de 3,5 m y la “sección característica de 1,0 m”, en base a la definición de la norma.
- Las cuñas de cambio de velocidad tienen, como extremos, la “sección característica de 0,0 m” y la “sección característica de 3,5 m”, ambas en base a la definición de la norma.

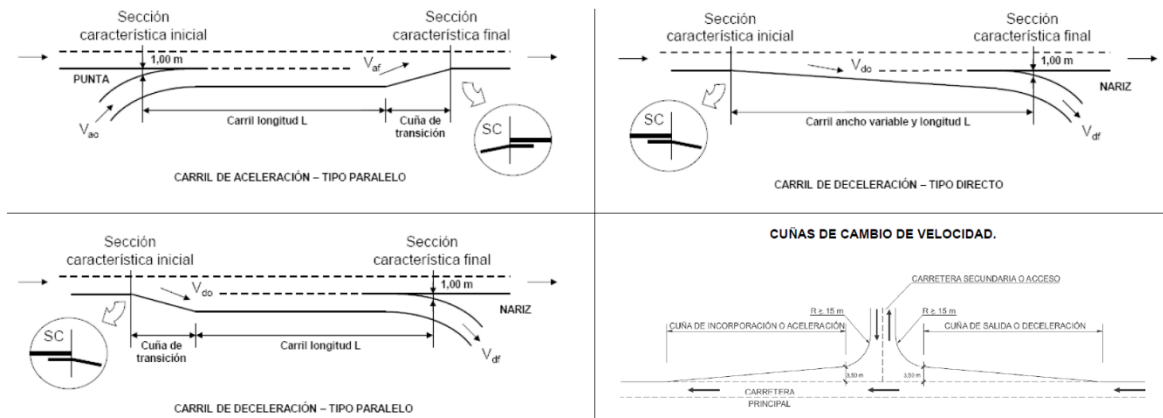


Figura 26. Criterios de medición de elementos de cambio de velocidad²⁰

Tal y como ya se realizó para la caracterización y comprobación de la geometría de las curvas del enlace, se ha planteado una nomenclatura en todos los elementos de cambio de velocidad que han sido identificados en la infraestructura, la cual se muestra en la Figura 27 sobre la geometría de cada uno de los elementos. Ésta será la nomenclatura que se considerará de referencia a lo largo de este apartado y en cada ocasión que se haga referencia a alguno de estos elementos.



Figura 27. Nomenclatura de elementos de cambio de velocidad

²⁰ Fuente: Elaboración propia a partir de las figuras 8.1 y 8.2 de la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras



De cada uno de estos elementos de cambio de velocidad, se ha identificado su tipología, en base a lo mencionado anteriormente, y las velocidades iniciales y finales sobre las cuales se produce el cambio de velocidad. Del mismo modo, para la posterior comprobación de las cuñas de transición e incorporación, se ha identificado la velocidad de proyecto del elemento, siendo esta la velocidad de proyecto del vial tronco al cual el carril proporciona la incorporación o la salida.

Se recoge en la Tabla 17, además de las estas características funcionales, y en base a lo que se ha podido medir y cuantificar de la cartografía del enlace, las características geométricas de cada uno de los elementos de cambio de velocidad anteriormente descritos. En ese sentido, y como ya se ha mencionado anteriormente, se han debido medir tanto las longitudes de los carriles de aceleración paralelos y de sus cuñas de transición, las longitudes de los carriles de deceleración paralelos y de sus cuñas de transición, las longitudes de los carriles de deceleración directos, y los carriles de las cuñas de cambio de velocidad. Además, se han medido las diferentes pendientes medias de cada uno de los carriles y cuñas, proporcionando una total y útil caracterización de los diferentes elementos de cambio de velocidad existentes para su posterior comprobación.

	Tipo	$V_{p, \text{ tronco}}$ (km/h)	V_o (km/h)	V_f (km/h)	L_{carril} (m)	$L_{\text{cuña}}$ (m)	i (%)
CC1	Carril de aceleración paralelo	80	40	80	93.7	164.3	3.1
CC2	Carril de aceleración paralelo	40	40	40	62.8	66.3	0.3
CC3	Carril de deceleración paralelo	40	40	40	46.3	45.4	-2.8
CC4	Carril de deceleración directo	80	80	60	32.8	-	2.8
CC5	Cuña de incorporación	40	0	40	-	14.7	-0.3
CC6	Cuña de incorporación	40	0	40	-	19.2	-3.9
CC7	Carril de deceleración paralelo	60	60	60	38.4	107.9	2.6
CC8	Cuña de incorporación	60	40	60	-	18.5	-5.3



CC9	Carril de deceleración paralelo	80	80	60	38.6	42.6	-2.5
CC10	Carril de deceleración paralelo	40	40	40	23	79.4	-0.5
CC11	Carril de deceleración paralelo	80	80	40	153.5	112.8	-2.0
CC12	Cuña de incorporación	60	0	60	-	14.9	0.8
CC13	Cuña de incorporación	60	0	60	-	5.1	-1.1

Tabla 17. Caracterización de elementos de cambio de velocidad

4.4.2. Longitudes mínimas de carriles de aceleración y deceleración

Se pretende a continuación exponer el procedimiento llevado a cabo para el cálculo de las longitudes mínimas de los carriles de aceleración y deceleración.

Se plantea, en primer lugar, considerar las diferentes indicaciones que realiza, al respecto, la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras. La normativa aporta la Tabla 8.2 en las que, para diferentes rangos de valores de pendiente, proporciona la longitud mínima del carril de aceleración o deceleración que permite cambiar de una velocidad inicial V_0 a otra final V_f . Sin embargo, según se indica, dichas longitudes se aportan para un vehículo ligero de 20 kg/kW como vehículo patrón para el diseño del carril de cambio de velocidad a definir, cuando el enlace objeto de estudio debe presentar una geometría adaptada a la gran influencia de la demanda de vehículos pesados.

En su Anexo 2, la 3.1-IC desarrolla el procedimiento de cálculo de dichas longitudes mínimas de cambio de velocidad, pudiendo aplicar las características fundamentales del vehículo patrón considerado. En él, proporciona la siguiente expresión para un modelo simplificado de deceleración²¹ que se utilizará en el presente Trabajo:

$$L_d = \frac{(V_0)^2 - (V_f)^2}{254 \cdot i + 50}$$

²¹ Aportada por la Norma 3.1.-IC 2000, Norma 3.1.-IC 2016, Trazado de Carreteras. Tomo 2º. ETS de ICCP.1993.



Siendo:

L_d : Distancia mínima necesaria para el carril de deceleración

i : Inclinación de la rasante en tanto por uno

V_0 : Velocidad de diseño inicial en km/h

V_f : Velocidad de diseño final en km/h

Por otro lado, dicho Anexo desarrolla también el modelo de aceleración mediante la resolución de un sistema de ecuaciones que, despreciando la resistencia aerodinámica y la variación de la resistencia a la rodadura, aporta una solución analítica. Sin embargo, dicha fórmula, a priori solución del problema, no constituye una expresión útil para el diseño que pretende resolverse. Tras tratar de resolverla puede observarse como consiste en una fórmula circular, de manejo iterativo y difícil aplicación. Por ello, para el presente Trabajo se considerará un método alternativo propuesto por Juan Diamante Corbín en su artículo²² publicado en la Revista de Obras Públicas 3569. Dicho método, conclusión de aplicar sobre el vehículo el Teorema de las Fuerzas Vivas, se caracteriza por la siguiente expresión:

$$L_c = \frac{\frac{1}{2} \cdot M \cdot (V_f^2 - V_0^2)}{\eta \cdot \frac{H}{(V_f - V_0)} \cdot \ln \frac{V_f}{V_0} - M \cdot g \cdot i - f_r \cdot M \cdot g - K_{W(R_d)} \cdot (V_0^2 + V_0 \cdot V_f + V_f^2)}$$

Con:

$$K_{W(R_d)} = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \mu \cdot C_d \cdot A_f \right)$$

Siendo:

L_c : Distancia mínima necesaria para el carril de aceleración

M : Masa del vehículo tipo

η : Coeficiente de rendimiento de la transmisión (aprox. 0,8)

²² Diamante, J. (2015). Método alternativo de cálculo de la longitud de los carriles de cambio de velocidad. *Revista de Obras Públicas*, 3569, 37-52



H: Potencia del motor

f_r : Coeficiente de resistencia a la rodadura sobre asfalto

$K_{W(R_a)}$: Parámetro presente en la integración del trabajo frente la resistencia del aire

μ : Densidad del aire (A cota cero 1,225 kg/m³ aprox.)

C_d : Coeficiente aerodinámico

A_f : Área frontal del vehículo

En cuanto al valor de cada uno de los parámetros expuestos, se han considerado los valores indicados por la Instrucción de Trazado de todos aquellos componentes para los cuales la Norma propone valores para el vehículo pesado tipo considerado. En aquellos parámetros para los cuales no se proponen posibles valores, se tomarán los propuestos por el artículo de referencia considerado. De ese modo, los valores de los parámetros a utilizar para los dos tipos de vehículos patrón que pueden ser considerados en el presente Trabajo son los mostrados en la Tabla 18:

	H (CV)	H (W)	M/H (kg/kW)	M (kg)	η	f_r	C_d	A_f (m ²)	μ (kg/m ³)
Ligero	85	62516.65	20	1250.33	0.8	0.015	0.4	2.5	1.225
Pesado	450	330970.5	120	39716.46	0.8	0.012	1.1	10	1.225

Tabla 18. Prestaciones de vehículos patrón

Por todo ello, tanto para la comprobación como para el dimensionamiento de los carriles de cambio de velocidad, se utilizarán las expresiones de L_d y L_c expuestas anteriormente. En comparación con los valores aportados por la Instrucción de Trazado en su Tabla 8.2, cabe mencionar que el método planteado para el presente Trabajo proporciona, para un vehículo patrón ligero, los mismos resultados en los casos de deceleración, aunque significativamente diferentes para los carriles de aceleraciones.



Para los valores pertenecientes a las diagonales de cada tabla, es decir, cuando los carriles únicamente presentan la función de incorporación o salida, se tomarán los valores propuestos en la 3.1-IC. Se procederá del mismo modo en los casos en el que las longitudes calculadas por el método alternativo planteado sean menos restrictivas de las propuestas por la Instrucción.

Cabe comentar, por último, el hecho de que al considerar un vehículo pesado como vehículo patrón, no deben comprobarse longitudes para alcanzar velocidades superiores a los 90 km/h, independientemente de las velocidades de diseño, pues son las máximas a las cuales el tren de carretera puede circular en la red de Autovías y Autopistas del Estado.

Tras realizar el cálculo propuesto por Diamante, se ha observado como se obtienen longitudes con órdenes de magnitud kilométricos, inalcanzables para la ejecución de carriles de cambio de velocidad como los necesarios en el enlace de análisis. A modo de ejemplo, se adjunta en la siguiente Tabla 19 el cálculo realizado para todas las combinaciones de cambio de velocidad desde los 30 a los 120 km/h, para una pendiente de un 0%.

Por todo ello, se ha tomado la decisión de considerar como longitud necesaria para cambios de velocidad, tanto en modelo de aceleración como en deceleración, los propuestos por la Norma 3.1-IC, aun haciendo referencia a los necesarios para vehículos ligeros. Como ya se ha comentado, esos valores serán precisos para el modelo de deceleración, según la expresión indicada anteriormente. Sin embargo, serán tan solo orientativos para los carriles de aceleración, pues no se realizará la comprobación pertinente para vehículos pesados, para los cuales tan solo se analizarán las distancias de parada. Esta consideración se sustenta en el hecho de que, en realidad, los vehículos pesados pueden considerarse como no circulando a la velocidad de proyecto, sino a velocidades inferiores en todo caso, requiriendo por lo tanto menores longitudes de cambio de velocidad relativamente similares a las requeridas por los vehículos ligeros que circulan, ahora sí, a las velocidades de proyecto.



CÁLCULO ALTERNATIVO FINALMENTE NO UTILIZADO. LONGITUDES DE CARRIL DE ACELERACIÓN CON VEHÍCULO PESADO														
V_o (km/h)	V_f (km/h)	i	V_o (m/s)	V_f (m/s)	$V_f - V_o$	$\ln(V_f/V_o)$	V_f^2	V_o^2	$0.5 \cdot M \cdot (V_f^2 - V_o^2)$	$W(Ft)/Lc$	$W(Ri)/Lc$	$W(Rr)/Lc$	$W(Ra)/Lc$	Lc (m)
30	30	0.00	8.33	8.33	0.00	0.00	69.44	69.44	0.00	-	0.00	-4675.42	-467.88	-
30	40	0.00	8.33	11.11	2.78	0.29	123.46	69.44	1072589.58	27421.71	0.00	-4675.42	-641.17	48.52
30	60	0.00	8.33	16.67	8.33	0.69	277.78	69.44	4137131.25	22023.48	0.00	-4675.42	-1091.72	254.49
30	80	0.00	8.33	22.22	13.89	0.98	493.83	69.44	8427489.58	18698.43	0.00	-4675.42	-1680.91	682.82
30	100	0.00	8.33	27.78	19.44	1.20	771.60	69.44	13943664.58	16394.58	0.00	-4675.42	-2408.73	1497.64
30	120	0.00	8.33	33.33	25.00	1.39	1111.11	69.44	20685656.25	14682.32	0.00	-4675.42	-3275.17	3072.86
40	40	0.00	11.11	11.11	0.00	0.00	123.46	123.46	0.00	-	0.00	-4675.42	-831.79	-
40	60	0.00	11.11	16.67	5.56	0.41	277.78	123.46	3064541.67	19324.37	0.00	-4675.42	-1317.00	229.86
40	80	0.00	11.11	22.22	11.11	0.69	493.83	123.46	7354900.00	16517.61	0.00	-4675.42	-1940.84	742.82
40	100	0.00	11.11	27.78	16.67	0.92	771.60	123.46	12871075.00	14556.73	0.00	-4675.42	-2703.32	1793.13
40	120	0.00	11.11	33.33	22.22	1.10	1111.11	123.46	19613066.67	13089.90	0.00	-4675.42	-3604.42	4077.52
60	60	0.00	16.67	16.67	0.00	0.00	277.78	277.78	0.00	-	0.00	-4675.42	-1871.53	-
60	80	0.00	16.67	22.22	5.56	0.29	493.83	277.78	4290358.33	13710.86	0.00	-4675.42	-2564.69	663.04
60	100	0.00	16.67	27.78	11.11	0.51	771.60	277.78	9806533.33	12172.91	0.00	-4675.42	-3396.48	2391.25
60	120	0.00	16.67	33.33	16.67	0.69	1111.11	277.78	16548525.00	11011.74	0.00	-4675.42	-4366.90	8402.74
80	80	0.00	22.22	22.22	0.00	0.00	493.83	493.83	0.00	-	0.00	-4675.42	-3327.16	-
80	100	0.00	22.22	27.78	5.56	0.22	771.60	493.83	5516175.00	10634.97	0.00	-4675.42	-4228.27	3186.19
80	120	0.00	22.22	33.33	11.11	0.41	1111.11	493.83	12258166.67	9662.18	0.00	-4675.42	-5268.00	-43585
100	100	0.00	27.78	27.78	0.00	0.00	771.60	771.60	0.00	-	0.00	-4675.42	-5198.69	-
100	120	0.00	27.78	33.33	5.56	0.18	1111.11	771.60	6741991.67	8689.40	0.00	-4675.42	-6307.74	-2939
120	120	0.00	33.33	33.33	0.00	0.00	1111.11	1111.11	0.00	-	0.00	-4675.42	-7486.11	-

Tabla 19. Calculo alternativo del modelo de aceleración (no utilizado)



Por todo ello, las longitudes mínimas de los carriles de cambio de velocidad a cumplir y con las que diseñar en el presente trabajo son las mostradas en la Tabla 20:

LONGITUDES (L) DE LOS CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD (m)							
Inclinación de la rasante: $-2\% \leq i \leq +2\%$							
		Velocidad final (km/h)					
		40	60	80	100	120	140
Velocidad inicial (km/h)	40	20	35	85	175	320	615
	60	40	30	50	135	285	580
	80	95	55	40	85	235	530
	100	170	130	70	55	150	445
	120	250	215	160	90	75	295
	140	360	320	265	190	105	95
Inclinación de la rasante: $+2\% < i \leq +4\%$							
		Velocidad final (km/h)					
		40	60	80	100	120	140
Velocidad inicial (km/h)	40	20	40	100	215	455	NP
	60	35	30	60	175	410	NP
	80	80	50	40	115	350	NP
	100	140	105	65	55	240	NP
	120	215	180	135	75	75	NP
	140	300	265	220	160	95	95
Inclinación de la rasante: $-2\% < i \leq -4\%$							
		Velocidad final (km/h)					
		40	60	80	100	120	140
Velocidad inicial (km/h)	40	20	30	70	140	250	440
	60	50	30	40	110	225	410
	80	120	70	40	70	180	365
	100	210	160	90	55	110	300
	120	320	270	200	110	75	185
	140	450	400	330	240	130	95
Inclinación de la rasante: $+4\% < i \leq +6\%$							
		Velocidad final (km/h)					
		40	60	80	100	120	140
Velocidad inicial (km/h)	40	20	45	115	250	585	NP
	60	30	30	70	205	540	NP
	80	75	45	40	135	470	NP
	100	130	100	55	55	335	NP
	120	195	165	125	75	75	NP
	140	275	245	200	150	95	95
Inclinación de la rasante: $-4\% < i \leq -6\%$							
		Velocidad final (km/h)					
		40	60	80	100	120	140
Velocidad inicial (km/h)	40	20	30	65	130	230	385
	60	60	30	40	100	200	360
	80	140	80	40	60	160	320
	100	240	185	105	55	100	250
	120	370	310	230	130	75	160
	140	520	460	380	275	150	95

NP: El vehículo de cálculo no puede alcanzar esa velocidad.

Tabla 20. Longitudes mínimas de carriles de cambio de velocidad²³

²³ Fuente: Tabla 8.2 de la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras



4.4.3. Longitudes mínimas de cuñas de transición y cambio de velocidad

Para la comprobación de la geometría de las cuñas de transición de los carriles de cambio de velocidad existentes, así como para las cuñas de incorporación, se han considerado las indicaciones que, al respecto, realiza la Norma 3.1-IC.

Debe tenerse en cuenta que las longitudes mínimas de las cuñas hacen referencia a la metodología de medición de las mismas, desde y hasta secciones características, según lo indicado en la Figura 26. Hace referencia, además, a la velocidad de proyecto de la cuña, para lo que debe considerarse, como tal, la velocidad de proyecto del tronco principal al cual la cuña proporciona transición o incorporación. Por todo ello, las longitudes mínimas a cumplir por las cuñas de transición y de cambio de velocidad a cumplir y con las que diseñar en el presente trabajo son las mostradas en la Tabla 21.

Vp (km/h)	L cuña transición (m)	L cuña incorp./salida (m)
120	135	-
110	130	-
100	125	125
90	115	115
80	100	100
70	80	80
60	60	60
50	40	40
40	25	25

Tabla 21. Longitudes mínimas de cuñas de transición y de cambio de velocidad ²⁴

²⁴ Fuente: E.p. a partir de tablas 8.1 y 8.3 de la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras



4.4.4. Comprobación de carriles y cuñas de cambio de velocidad

A continuación (Tabla 22), y en base la medición de las características geométricas y funcionales de los diferentes elementos de cambio de velocidad, así como los criterios de longitudes mínimas expuestos en los dos apartados anteriores, se expone la comprobación final de cada uno de dichos elementos existentes actualmente en el enlace objeto de estudio.

	Tipo	V _{p, tronco} (km/h)	V _o (km/h)	V _f (km/h)	L _{carril} (m)	L _{cuña} (m)	i (%)	L _{min,carril} (m)	L _{min,cuña} (m)	CUMPLE
CC1	Carril ac. par.	80	40	80	93.7	164.3	3.1	100	100	NO
CC2	Carril ac. par.	40	40	40	62.8	66.3	0.3	20	25	SI
CC3	Carril dec. par.	40	40	40	46.3	45.4	-2.8	20	25	SI
CC4	Carril dec. dir.	80	80	60	32.8	-	2.8	50	100	NO
CC5	Cuña inc.	40	0	40	-	14.7	-0.3	-	25	NO
CC6	Cuña inc.	40	0	40	-	19.2	-3.9	-	25	NO
CC7	Carril dec. par.	60	60	60	38.4	107.9	2.6	30	60	SI
CC8	Cuña inc.	60	40	60	-	18.5	-5.3	-	60	NO
CC9	Carril dec. par.	80	80	60	38.6	42.6	-2.5	50	100	NO
CC10	Carril dec. par.	40	40	40	23	79.4	-0.5	20	25	SI
CC11	Carril dec. par.	80	80	40	153.5	112.8	-2.0	95	100	SI
CC12	Cuña inc.	60	0	60	-	14.9	0.8	-	60	NO
CC13	Cuña inc.	60	0	60	-	5.1	-1.1	-	60	NO

Tabla 22. Comprobación de longitudes de elementos de cambio de velocidad



5. ESTUDIO DE SOLUCIONES

5.1. Introducción

Las diferentes consideraciones que han podido obtenerse, como conclusión, del análisis de la infraestructura existente, mostrada en los apartados anteriores, muestran la necesidad de plantear soluciones alternativas. Ha quedado reflejado el importante déficit que presenta el enlace en cuestiones de:

- Funcionalidad: debido a las reducidas capacidades de los ramales que conforman el enlace.
- Seguridad vial: debido a los incumplimientos de las restricciones de trazado, las inconsistencias y la gran cantidad de puntos de conflicto.
- Medioambiente: debido al importante nivel de emisiones que generan los diferentes itinerarios existentes, de manera que también genera inconvenientes desde el punto de vista económico.

Por todo ello, es evidente la necesidad de actuar en el ámbito de estudio para paliar estos déficits existentes en el enlace. Para ello, se plantea un estudio de soluciones en el que se planteen diferentes soluciones alternativas para su evaluación multicriterio, de manera que se alcance la solución de compromiso que, con mayor fiabilidad, cumpla con los requisitos que se planteen.

5.2. Condicionantes y principios de diseño en la propuesta de alternativas

Ante la comprobada necesidad de establecer medidas que solucionen los severos problemas de seguridad y funcionalidad del enlace, se aborda a continuación el proceso de diseño y propuesta de soluciones alternativas.

Para llevar a cabo este procedimiento, cabe tener en cuenta la dimensión y carácter del problema que se plantea. No cabe duda de que el enlace a diseñar es una

infraestructura singular, tanto por la gran demanda e impacto para la sociedad de esta, como por sus condicionantes puramente geométricos.

La geomorfología muestra una topografía prácticamente plana, aún con cotas algo crecientes hacia el Este. Por ello, las cotas que deben presentar las rasantes de los diferentes ramales no están significativamente condicionados por el terreno.

Sin embargo, y como ya se ha comentado, la presencia de la línea ferroviaria plantea un problema singular en cuanto al diseño del enlace, en el que difícilmente tienen cabida las soluciones estándar más comúnmente utilizadas en enlaces con cuatro ramales, al menos de los propuestos por la Guía de nudos viarios de la Dirección General de carreteras. Por ello, si consideramos inviable la construcción de pasos superiores sobre las líneas ferroviarias presentes en el entorno, las condiciones de contorno que se plantean como contexto inicial con el que afrontar el proceso creativo puede simplificarse con el esquema siguiente.

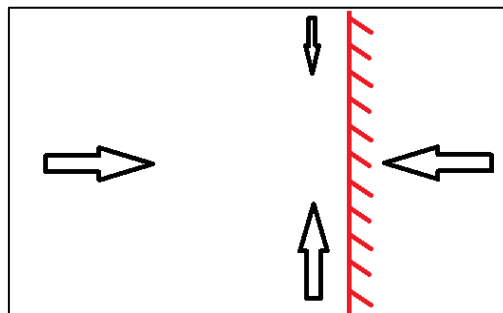


Figura 28. Condiciones iniciales

Ante la problemática expuesta, en la solución existente ya se ejecutó un paso inferior para la V-23, de dos carriles por sentido. Parece comprensible considerar que, sin aprovechar esta actuación, plantear una estructura diferente para salvar el gran “obstáculo” eliminará prácticamente en su totalidad la viabilidad técnica y económica que pudieran tener las alternativas que se planteen. Por ello, se ha decidido generar, únicamente, disposiciones que utilicen en todo caso el paso inferior al que se hace referencia.

Además del uso del paso inferior, y con carácter general, se pretende abordar el proceso creativo de manera que se trate de agrupar, en la medida de lo posible, el máximo número de ramales posibles en la misma plataforma, desmonte o terraplén, según el caso.



De ese modo, se toman medidas en la dirección de optimizar en lo posible los costes de construcción de la infraestructura, especialmente los relativos a movimientos de tierras, gestión de maquinaria, e incluso plazo. Además, la agrupación de ramales permite generar los cruces a distinto nivel con un número inferior de estructuras, lo que permitiría costes menores.

Es evidente, por otro lado, la necesidad de los diferentes ramales definidos en el proceso de diseño de adaptarse a los niveles de tráfico que van a tener que soportar. En ese sentido, el análisis de la infraestructura existente muestra como los movimientos València-Teruel, en ambos sentidos, son las que significativamente presentan mayores tráficos. Por ello, y tal y como existe actualmente en el emplazamiento, se tratará de evitar que los ramales que den servicio a estos movimientos sean de un solo carril.

Además de la importancia de los movimientos València-Teruel, los tráficos con origen-sentido, en ambos sentidos, València-Puerto de Sagunto y Teruel-Puerto de Sagunto son también movimientos de una gran demanda. A esto, debe sumarse el hecho de que la N-340 es el vial principal de acceso sur a Sagunto, absorbiendo tráficos desde y hacia València, Puerto de Sagunto y la A-23, que en conjunto pueden presentar tráficos importantes. Por todo ello, el planteamiento de alternativas se encarará con el principio general de tratar de separar flujos de tráfico, independizando y simplificando movimientos de manera que puedan efectuarse de la manera más directa, simple y segura posible.

Por otro lado, se plantea el objetivo de organizar y lograr un tráfico fluido a su paso por el enlace. De ese modo, a priori no se pretende realizar una infraestructura que permita circular a grandes velocidades en ciertos ramales, sino plantear una configuración que permita buenos niveles de servicio, trazados suaves y seguros, así como velocidades de circulación moderadas. Con ello, los problemas existentes actualmente con ramales a 30-40 km/h o curvas de bajos niveles de seguridad.

Por último, el otro principio general que va a considerarse como criterio para plantear disposiciones de ramales se basa en tratar de aprovechar la estructura existente. Obviamente, adaptarse en la medida de lo posible a la geometría actual del enlace permitirá reducir volúmenes de terreno a movilizar, materiales, plazos de ejecución, etc.



Es decir, cuanto mayor sea el grado de aprovechamiento de la infraestructura existente para una misma solución o disposición alternativa, menor será el número de metros lineales a ejecutar y, por lo tanto, sus costes y plazos.

Este hecho, llevado al extremo, y considerando en todo caso la necesidad de actuar sobre el enlace, supone actuar tan solo en los tramos o ramales que presenten patologías o deficiencias, con actuaciones puntuales de cambio de radio, peralte, velocidad de circulación u otros parámetros, pero sin cambiar la configuración del enlace. Esto permitiría solucionar los déficits planteados a lo largo del presente Trabajo sin un diseño alternativo del enlace. Planteando la posibilidad de que actuar de esta manera pudiera tener viabilidad técnica y económica, cabe considerarla como una de las posibles alternativas a evaluar, en el presente estudio de soluciones, o una alternativa base o alternativa 0.

Se presenta, en la Tabla 23, la agrupación de los criterios de diseño mencionados anteriormente que serán considerados como principios básicos para el planteamiento de soluciones alternativas.

Principios de diseño de alternativas	Utilizar paso inferior existente de la V-23 bajo línea ferroviaria
	Agrupar ramales en misma plataforma, desmonte o terraplén
	Independizar y simplificar movimientos
	Plantear una ordenación del tráfico
	Buscar el uso de la estructura existente (plantear alternativa 0)

Tabla 23. Principios de diseño de alternativas

5.3. Alternativas. Planteamientos iniciales (FASE 1)

A lo largo de esta primera fase del estudio de soluciones, se ha llevado a cabo un proceso de carácter creativo en el que se plantean diferentes diseños alternativos como posible solución al enlace.



Durante todo el proceso, se ha tratado de respetar todos los principios de diseño expuestos anteriormente, de manera que se eviten radios reducidos y se simplifiquen en lo posible las trayectorias, minimizando los movimientos de deceleración e incorporación.

A continuación, se mostrarán los bocetos iniciales realizados para cada una de las posibles alternativas planteadas. Como se observa, su nomenclatura es “ALT1, ..., ALTn, ALT9” en función del orden en que han sido planteadas, seguido de la letra D, C o R en función de si la disposición planteada en cada alternativa puede clasificarse, respectivamente, como de ramales directos, de disposición circular o con glorieta a distinto nivel. Dichas letras son seguidas también de una cifra que representa el orden de creación con respecto a cada tipo de disposición. De manera general, y aunque debe analizarse este aspecto para cada alternativa, estos tres tipos de disposición pueden definirse como:

- Ramales directos (D): En enlace dispone los movimientos principales con viales de alta capacidad, mientras que los restantes se materializan mediante ramales independientes que surgen de estos viales principales.
- Disposición circular (C): En este proceso creativo se han planteado varias soluciones en las cuales la gran mayoría de movimientos se hacen pasar por una misma plataforma compartida de gran capacidad y disposición circular (aunque sin poder calificarla como glorieta), con pequeños ramales que permiten dar servicio a todos los itinerarios.
- Glorieta a distinto nivel (R): Estas soluciones presentan también viales de alta capacidad para los movimientos principales, mientras que los restantes se materializan mediante la construcción de una glorieta a distinto nivel.

Se describe, por lo tanto, en los siguientes apartados, las características principales en cuanto a funcionalidad y movilización del tráfico de cada una de las alternativas planteadas para el estudio de soluciones. Así mismo, se definirán exhaustivamente las trayectorias que deben efectuar los vehículos usuarios de la infraestructura para llevar a cabo los diferentes movimientos posibles en la alternativa planteada. Finalmente, se incluye una Figura del boceto diseñado para la solución en cuestión.



5.3.1. Alternativa ALT1-D1

En esta primera disposición tan solo existe un vial de gran capacidad, el de València-Teruel, y dos movimientos que se realizan con viales directos, los de O-D Teruel-Puerto de Sagunto y València- Sagunto. El resto de los movimientos se ejecutan con ramales secundarios, usando muchos de ellos un gran lazo, de manera que cada uno de los itinerarios se lleva a cabo mediante los siguientes movimientos:

València – Puerto	A través de un lazo con salida a izquierdas en su divergencia
València – Sagunto	Salida a derechas antes de incorporarse al lazo
València – Teruel	Giro a izquierdas en vial de alta capacidad
València – València	A través del lazo con salida a derechas en su divergencia
Puerto – Sagunto	No es posible el movimiento
Puerto – Teruel	Acceso directo con convergencia al vial València – Puerto
Puerto – València	Convergencia al lazo con salida a derechas en su divergencia
Puerto – Puerto	Convergencia al lazo con salida a izquierdas en su divergencia
Sagunto – Teruel	Ramal directo con incorporación a la A-23
Sagunto – València	Incorporación al lazo con salida a derechas en su divergencia
Sagunto – Puerto	Incorporación al lazo con salida a izquierdas en su divergencia
Sagunto – Sagunto	No es posible el movimiento
Teruel – València	Giro a derechas en vial de alta capacidad
Teruel – Puerto	Vial directo

Teruel – Sagunto	En vial directo, salida a izquierdas
Teruel – Teruel	No es posible el movimiento

Tabla 24. Movimientos ALT1-D1

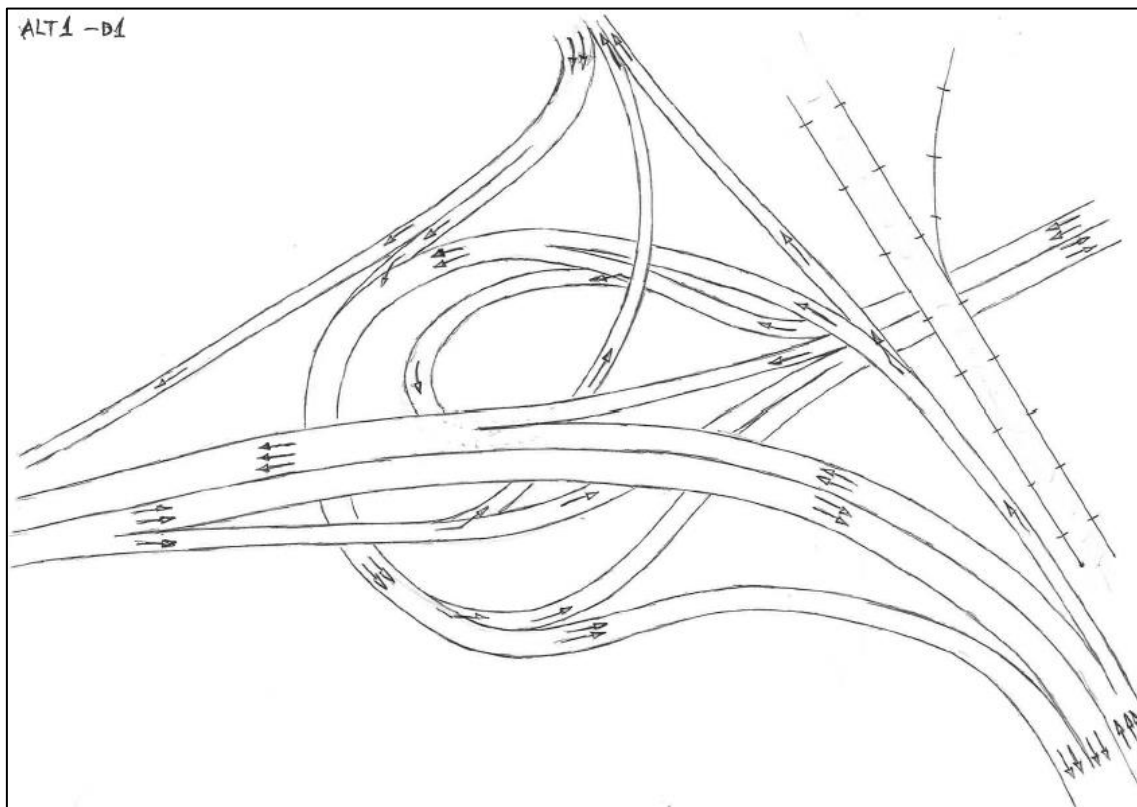


Figura 29. Boceto de la alternativa ALT1-D1

5.3.2. Alternativa ALT2-D2

En esta alternativa también existen cinco movimientos directos, los de València-Puerto en ambos sentidos con viales de alta capacidad, los de Teruel-Puerto en ambos sentidos con viales directos y el de València-Sagunto con un ramal directo y rectilíneo.

El resto de los movimientos se ejecutan con ramales secundarios, de manera que cada uno de los itinerarios se lleva a cabo mediante los siguientes movimientos:



València – Puerto	A través de un gran lazo
València – Sagunto	Salida a derechas al inicio del lazo
València – Teruel	Giro a izquierdas en vial de alta capacidad
València – València	A través del lazo con salida a derechas posterior
Puerto – Sagunto	Salida a derechas de radio reducido
Puerto – Teruel	Vial directo con convergencia al vial València – Puerto
Puerto – València	A través de un gran ramal en asa
Puerto – Puerto	No es posible el movimiento
Sagunto – Teruel	Ramal directo con incorporación al vial València – Teruel
Sagunto – València	Incorporación al lazo con salida a derechas posterior
Sagunto – Puerto	Incorporación al lazo
Sagunto – Sagunto	No es posible el movimiento
Teruel – València	Giro a derechas en vial de alta capacidad
Teruel – Puerto	Vial directo
Teruel – Sagunto	Salida a izquierdas en vial derecho y posterior incorporación al ramal Puerto – Sagunto
Teruel – Teruel	No es posible el movimiento

Tabla 25. Movimientos ALT2-D2

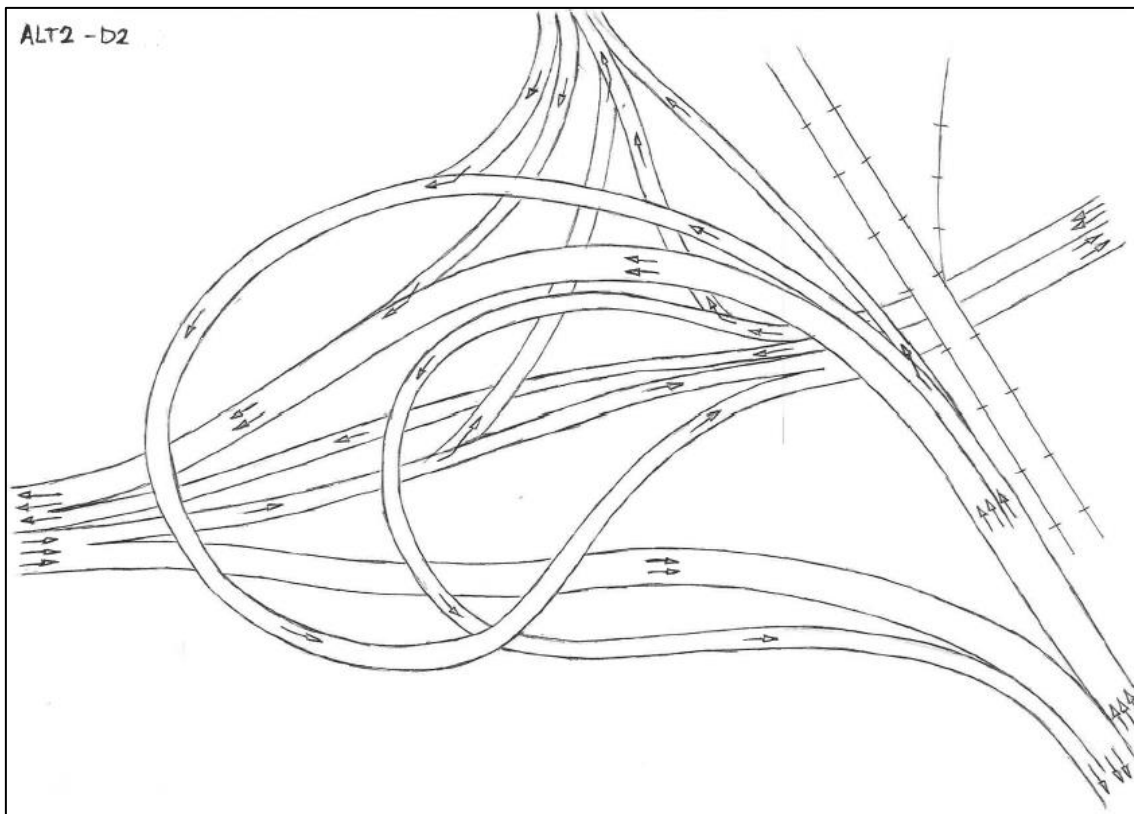


Figura 30. Boceto de la alternativa ALT2-D2

5.3.3. Alternativa ALT3-C1

En esta alternativa se utiliza una gran plataforma de trayectoria circular a la que se van incorporando los diferentes ramales, proporcionando alta capacidad a los movimientos entre València, Teruel y Puerto de Sagunto.

Al realizarse todos los movimientos en una plataforma a mismo nivel, los puntos de conflicto principales que aparecen se solventan mediante dos trenzados cuyos movimientos se guían mediante dos tramos consecutivos cuyas marcas viales evitan posibles cambios de carril simultáneos de dos vehículos. Dichos trenzados permiten conectar la plataforma circular con dos viales de alta capacidad que dan servicio a los itinerarios con origen Puerto de Sagunto y origen Teruel.

De ese modo, cada uno de los itinerarios se lleva a cabo mediante los siguientes movimientos:



València – Puerto	A través de la plataforma sin movimiento alguno
València – Sagunto	A través de la plataforma con salida a izquierdas
València – Teruel	A través de plataforma con incorporación mediante el trenzado al vial Puerto – Teruel
València – València	A través de la plataforma con incorporación mediante el trenzado al vial Teruel – València
Puerto – Sagunto	Incorporación en trenzado a la plataforma y salida posterior a izquierdas
Puerto – Teruel	Vial de gran capacidad sin movimiento alguno
Puerto – València	Incorporación en trenzado a la plataforma e incorporación en trenzado al vial Teruel – València
Puerto – Puerto	Incorporación en trenzado a la plataforma
Sagunto – Teruel	Ramal directo con incorporación al vial Puerto – Teruel
Sagunto – València	Incorporación al vial Puerto – Teruel, incorporación en trenzado a la plataforma e incorporación en trenzado al vial Teruel – València
Sagunto – Puerto	Incorporación al vial Puerto – Teruel e incorporación en trenzado a la plataforma
Sagunto – Sagunto	Incorporación al vial Puerto – Teruel, incorporación en trenzado a la plataforma y salida posterior a izquierdas
Teruel – València	Vial de gran capacidad sin movimiento alguno
Teruel – Puerto	Incorporación en trenzado a la plataforma

Teruel – Sagunto	Incorporación en trenzado a la plataforma y salida a izquierdas posterior
Teruel – Teruel	No es posible el movimiento

Tabla 26. Movimientos ALT3-C1

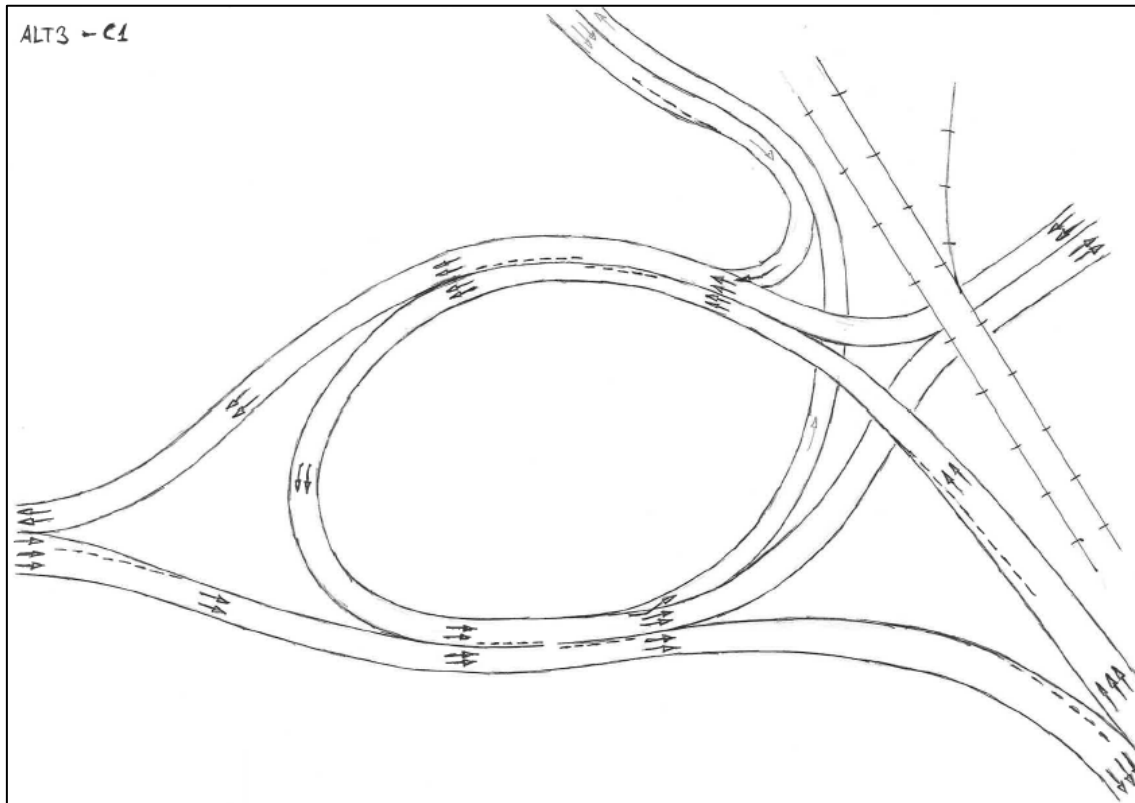


Figura 31. Boceto de la alternativa ALT3-C1

5.3.4. Alternativa ALT4-C2

Esta alternativa muestra una disposición análoga a la alternativa anterior, aunque se proporciona mayor seguridad a los trenzados.

En cada uno de ellos, en los dos viales trenzados se independizan sus carriles, evitando cambios de carril en ese tramo. Además, se aleja la salida a Sagunto de los posibles conflictos que aparezcan en el trenzado, materializándose esta vez la salida mediante una divergencia, mucho más segura que una salida a izquierdas de escasa viabilidad técnica.



Por último, se evita que los movimientos con origen Sagunto se incorporen a la plataforma, materializándolos con ramales directos de manera que no aparecen los conflictos que aparecían con el trenzado y se disminuye significativamente el tráfico de la plataforma de trayectoria circular.

De ese modo, cada uno de los itinerarios se lleva a cabo mediante los siguientes movimientos:

València – Puerto	A través de la plataforma, tomando la divergencia a derechas
València – Sagunto	A través de la plataforma, tomando la divergencia a izquierdas
València – Teruel	A través de plataforma con incorporación mediante el trenzado al vial Puerto – Teruel
València – València	A través de la plataforma con incorporación mediante el trenzado al vial Teruel – València
Puerto – Sagunto	Incorporación en trenzado a la plataforma y divergencia posterior a izquierdas
Puerto – Teruel	Vial de gran capacidad sin movimiento alguno
Puerto – València	Incorporación en trenzado a la plataforma e incorporación en trenzado al vial Teruel – València
Puerto – Puerto	Incorporación en trenzado a la plataforma y divergencia posterior a derechas
Sagunto – Teruel	Ramal directo
Sagunto – València	Ramal directo
Sagunto – Puerto	Salida a derechas a ramal semidirecto en asa
Sagunto – Sagunto	No es posible el movimiento

Teruel – València	Vial de gran capacidad sin movimiento alguno
Teruel – Puerto	Incorporación en trenzado a la plataforma y divergencia posterior a derechas
Teruel – Sagunto	Incorporación en trenzado a la plataforma y divergencia posterior a izquierdas
Teruel – Teruel	No es posible el movimiento

Tabla 27. Movimientos ALT4-C2

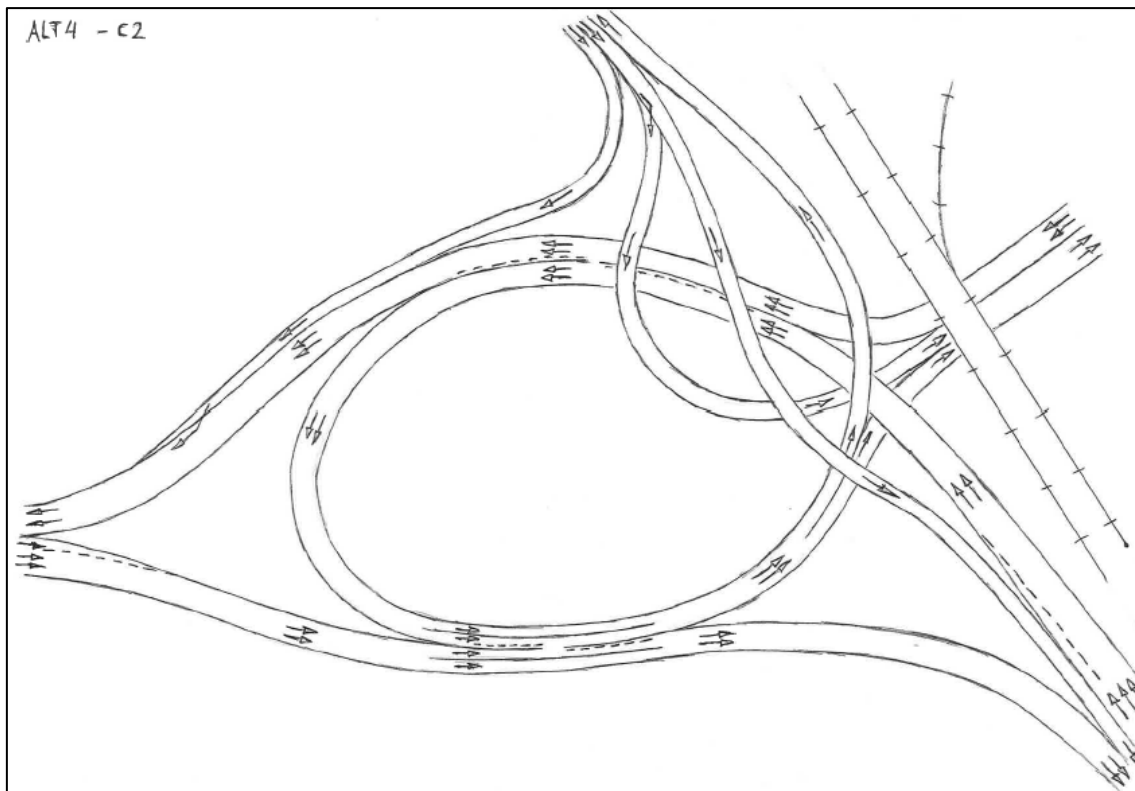


Figura 32. Boceto de la alternativa ALT4-C2

5.3.5. Alternativa ALT5-C3

Esta alternativa muestra una disposición análoga a la alternativa anterior, sin embargo, las incorporaciones y salidas a la plataforma circular no se realizan al mismo nivel, sino a través de diferentes estructuras. De ese modo, se eliminan los trenzados que podían generar situaciones de conflicto, generando una alternativa de alto nivel de seguridad vial.



En este caso, puede estructurarse el enlace con respecto a tres grandes viales: la plataforma circular, el gran vial hacia Teruel, y el gran vial hacia València.

De ese modo, cada uno de los itinerarios se lleva a cabo mediante los siguientes movimientos:

València – Puerto	Incorporación con divergencia a izquierdas a la plataforma y divergencia posterior a derechas
València – Sagunto	Incorporación con divergencia a izquierdas a la plataforma y divergencia posterior a izquierdas
València – Teruel	Incorporación con divergencia a derechas al vial hacia Teruel
València – València	Incorporación con divergencia a izquierdas a la plataforma e incorporación con divergencia a derechas al vial hacia València
Puerto – Sagunto	Incorporación con divergencia a izquierdas a la plataforma y divergencia posterior a izquierdas
Puerto – Teruel	Incorporación con divergencia a derechas al vial hacia Teruel
Puerto – València	Incorporación con divergencia a izquierdas a la plataforma e incorporación con divergencia a derechas al vial hacia València
Puerto – Puerto	Incorporación con divergencia a izquierdas a la plataforma y divergencia posterior a derechas
Sagunto – Teruel	Ramal directo con incorporación a vial hacia Teruel
Sagunto – València	Ramal directo
Sagunto – Puerto	Salida a derechas a ramal semidirecto en asa



Sagunto – Sagunto	No es posible el movimiento
Teruel – València	Incorporación con divergencia a derechas al vial hacia València
Teruel – Puerto	Incorporación con divergencia a izquierdas a la plataforma y divergencia posterior a derechas
Teruel – Sagunto	Incorporación con divergencia a izquierdas a la plataforma y divergencia posterior a izquierdas
Teruel – Teruel	No es posible el movimiento

Tabla 28. Movimientos ALT5-C3

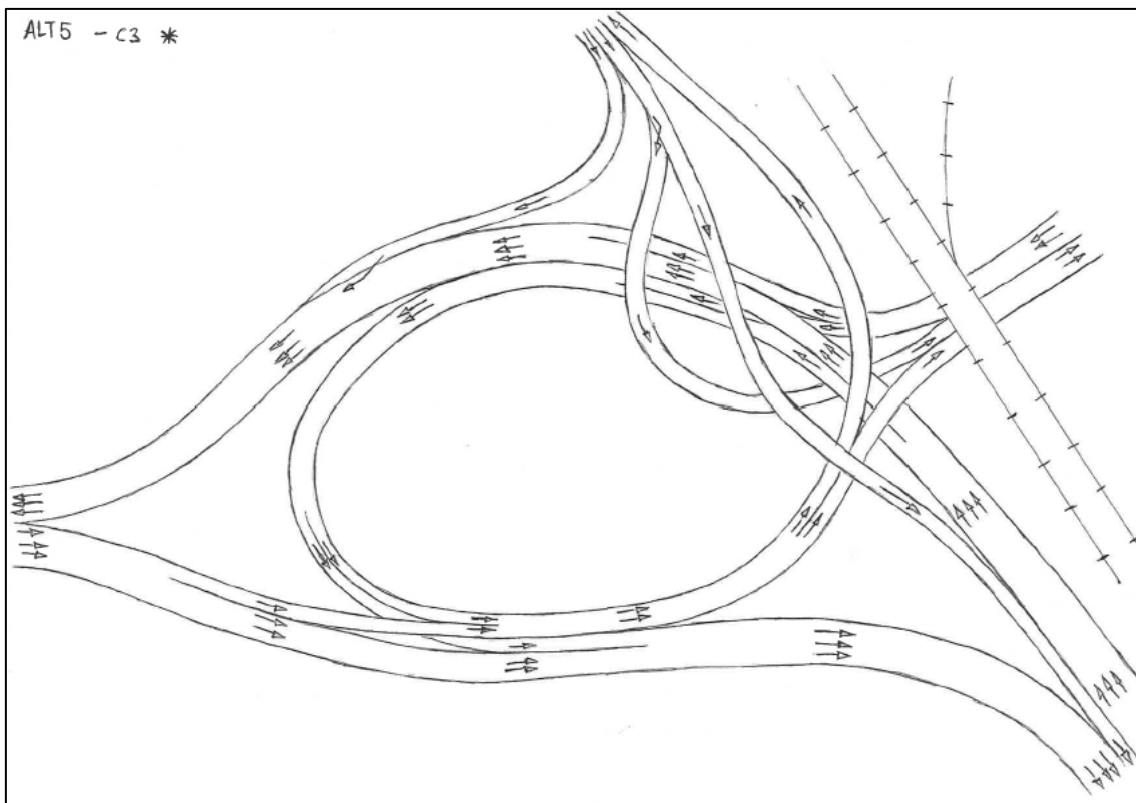


Figura 33. Boceto de la alternativa ALT5-C3



5.3.6. Alternativa ALT6-D3

Como puede observarse, el proceso de diseño preliminar que se encara en esta primera fase del estudio de soluciones se ha planteado mediante alternativas con movimientos y ramales directos que, con el fin de utilizar plataformas compartidas, han ido evolucionando hacia soluciones más integradas, con el uso de una plataforma de trayectoria circular.

Sin embargo, en esta siguiente solución alternativa se vuelven a utilizar movimientos directos, aunque de trazados similares a los utilizados en los enlaces anteriores, pero a base de ramales independientes. Como puede analizarse, es una solución de alta seguridad vial, con movimientos sencillos y con muy pocos puntos de conflicto, pero de gran complejidad en cuanto a la disposición de ramales y su construcción.

De ese modo, cada uno de los itinerarios se lleva a cabo mediante los siguientes movimientos:

València – Puerto	Divergencia, lazo y convergencia
València – Sagunto	Salida a derechas en el vial València – Teruel
València – Teruel	Divergencia y vial directo de alta capacidad
València – València	No es posible el movimiento
Puerto – Sagunto	Salida a derechas en incorporación al ramal València - Sagunto
Puerto – Teruel	Divergencia y vial directo
Puerto – València	Divergencia, lazo y convergencia
Puerto – Puerto	No es posible el movimiento
Sagunto – Teruel	Ramal directo con incorporación a vial València – Teruel

Sagunto – València	Ramal directo
Sagunto – Puerto	Salida a derechas, lazo de radio reducido e incorporación al fin del lazo València – Puerto
Sagunto – Sagunto	No es posible el movimiento
Teruel – València	Divergencia y vial directo
Teruel – Puerto	Divergencia y vial directo
Teruel – Sagunto	Divergencia y vial directo
Teruel – Teruel	No es posible el movimiento

Tabla 29. Movimientos ALT6-D3

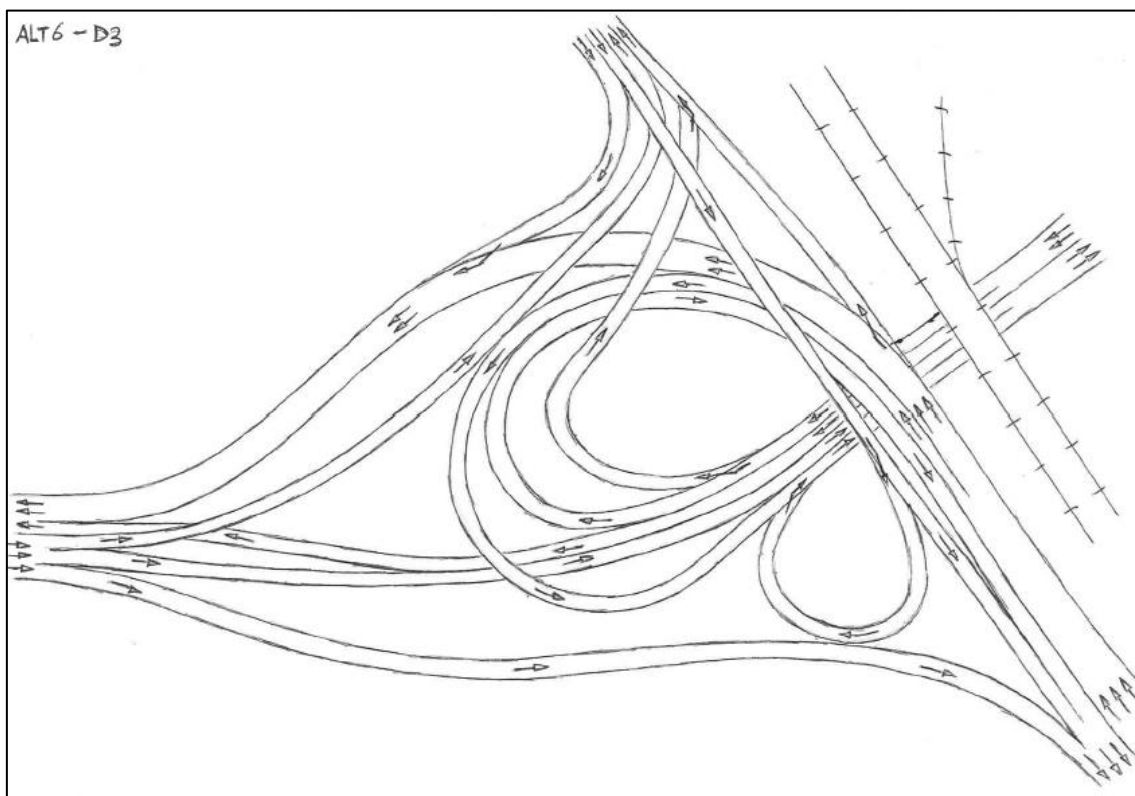


Figura 34. Boceto de la alternativa ALT6-D3



5.3.7. Alternativa ALT7-R1

Una vez planteadas las diferentes alternativas que han podido ser encajadas utilizando disposiciones de ramales directos y plataforma compartida, se ha continuado con el proceso creativo planteando soluciones que agrupen movimientos en una misma estructura, es decir, utilizando una glorieta a distinto nivel para los movimientos secundarios.

En esta primera alternativa “R”, se observa cómo se consigue una disposición muy simple, aparentemente de bajo coste constructivo, aunque únicamente se consideran movimientos principales los de València – Teruel y Teruel – Puerto en ambos sentidos. Es decir, los movimientos con origen – sentido València – Puerto y viceversa se hacen pasar por la glorieta.

De ese modo, cada uno de los itinerarios se lleva a cabo mediante los siguientes movimientos:

València – Puerto	Divergencia, ramal de incorporación a glorieta (1 cuadrante), ramal de salida y convergencia con vial Teruel – Puerto
València – Sagunto	Divergencia, ramal de incorporación a glorieta (2 cuadrantes) y ramal de salida de alta capacidad
València – Teruel	Divergencia y vial directo de alta capacidad
València – València	Divergencia, ramal de incorporación a glorieta (4 cuadrantes) ramal de salida de alta capacidad
Puerto – Sagunto	Divergencia, ramal de incorporación a glorieta (1 cuadrante), y ramal de salida de alta capacidad
Puerto – Teruel	Divergencia y vial directo
Puerto – València	Divergencia, ramal de incorporación a glorieta (3 cuadrantes) y ramal de salida de alta capacidad



Puerto – Puerto	Divergencia, ramal de incorporación a glorieta (4 cuadrantes), ramal de salida y convergencia con vial Teruel – Puerto
Sagunto – Teruel	Ramal de incorporación de alta capacidad a glorieta (1 cuadrante), ramal de salida e incorporación a vial València – Teruel
Sagunto – València	Ramal de incorporación de alta capacidad a glorieta (2 cuadrantes) y ramal de salida de alta capacidad
Sagunto – Puerto	Ramal de incorporación de alta capacidad a glorieta (3 cuadrantes), ramal de salida y convergencia con vial Puerto – Teruel
Sagunto – Sagunto	Ramal de incorporación de alta capacidad a glorieta (4 cuadrantes) y ramal de salida de alta capacidad
Teruel – València	Divergencia y vial directo de alta capacidad
Teruel – Puerto	Divergencia y vial directo
Teruel – Sagunto	Salida a derechas, ramal de incorporación a glorieta (2 cuadrantes) y ramal de salida de alta capacidad
Teruel – Teruel	Salida a derechas, ramal de incorporación a glorieta (3 cuadrantes), ramal de salida e incorporación a vial València – Teruel

Tabla 30. Movimientos ALT7-R1

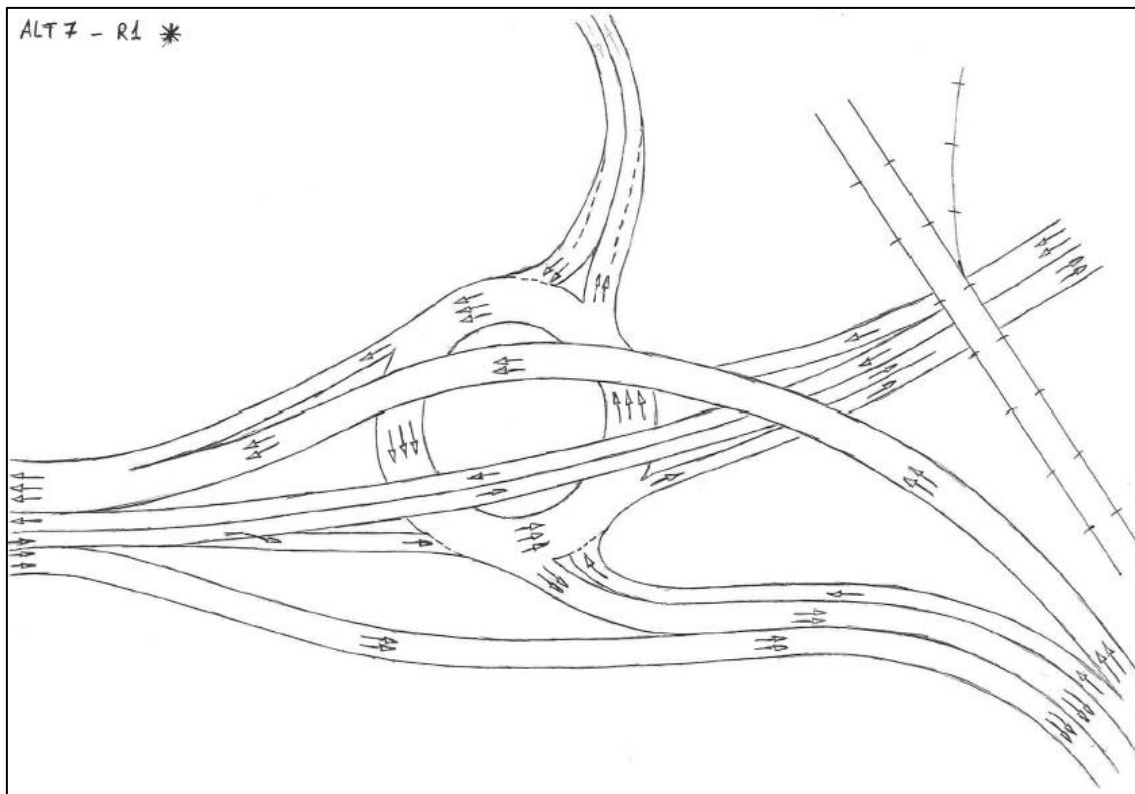


Figura 35. Boceto de la alternativa ALT7-R1

5.3.8. Alternativa ALT8-R2

En esta alternativa se utiliza también una glorieta a distinto nivel para movilizar un gran número de itinerarios. Sin embargo, en el enlace definido en el boceto no se llevan los tráficos València – Teruel, en ambos sentidos, por la glorieta, sino por un gran lazo de doble sentido que rodea a la misma. Del mismo modo, el acceso a Sagunto desde València tampoco se hace pasar por la glorieta, sino que se materializa mediante un ramal directo. Por todo ello, todos los recorridos con origen València se efectúan con movimientos directos o semidirectos, sin pasar por la infraestructura de la glorieta.

Del mismo modo que se ha planteado la alternativa anterior, se ha dispuesto la glorieta a distinto nivel en cotas inferiores a los viales principales. De esa manera se facilita el encaje geométrico y se reduce la necesidad de estructuras en una solución que, en este caso, es considerablemente compleja debido al mayor número de movimientos principales que se efectúan de manera directa, sin pasar por la glorieta.



De ese modo, cada uno de los itinerarios se lleva a cabo mediante los siguientes movimientos:

València – Puerto	Divergencia, lazo y convergencia con vial Teruel – Puerto
València – Sagunto	Salida a derechas y ramal directo
València – Teruel	Divergencia y vial de alta capacidad
València – València	No es posible el movimiento
Puerto – Sagunto	Divergencia, ramal de incorporación a glorieta (1 cuadrante), ramal de salida y convergencia con ramal València – Sagunto
Puerto – Teruel	Divergencia y vial directo
Puerto – València	Divergencia, ramal de incorporación a glorieta (3 cuadrantes) y ramal de salida
Puerto – Puerto	Divergencia, ramal de incorporación a glorieta (3 cuadrantes), ramal de salida y convergencia con vial Teruel – Puerto
Sagunto – Teruel	Ramal de incorporación de alta capacidad a glorieta (1 cuadrante), ramal de salida e incorporación a vial Puerto – Teruel
Sagunto – València	Ramal de incorporación de alta capacidad a glorieta (2 cuadrantes) y ramal de salida
Sagunto – Puerto	Ramal de incorporación de alta capacidad a glorieta (3 cuadrantes), ramal de salida y convergencia con vial Puerto – Teruel



Sagunto – Sagunto	Ramal de incorporación de alta capacidad a glorieta (4 cuadrantes), ramal de salida y convergencia con ramal València – Sagunto
Teruel – València	Divergencia y vial directo de alta capacidad
Teruel – Puerto	Divergencia y vial directo
Teruel – Sagunto	Salida a derechas, ramal de incorporación a glorieta (2 cuadrantes), ramal de salida y convergencia con ramal València – Sagunto
Teruel – Teruel	Salida a derechas, ramal de incorporación a glorieta (4 cuadrantes), ramal de salida e incorporación a vial Puerto – Teruel

Tabla 31. Movimientos ALT8-R2

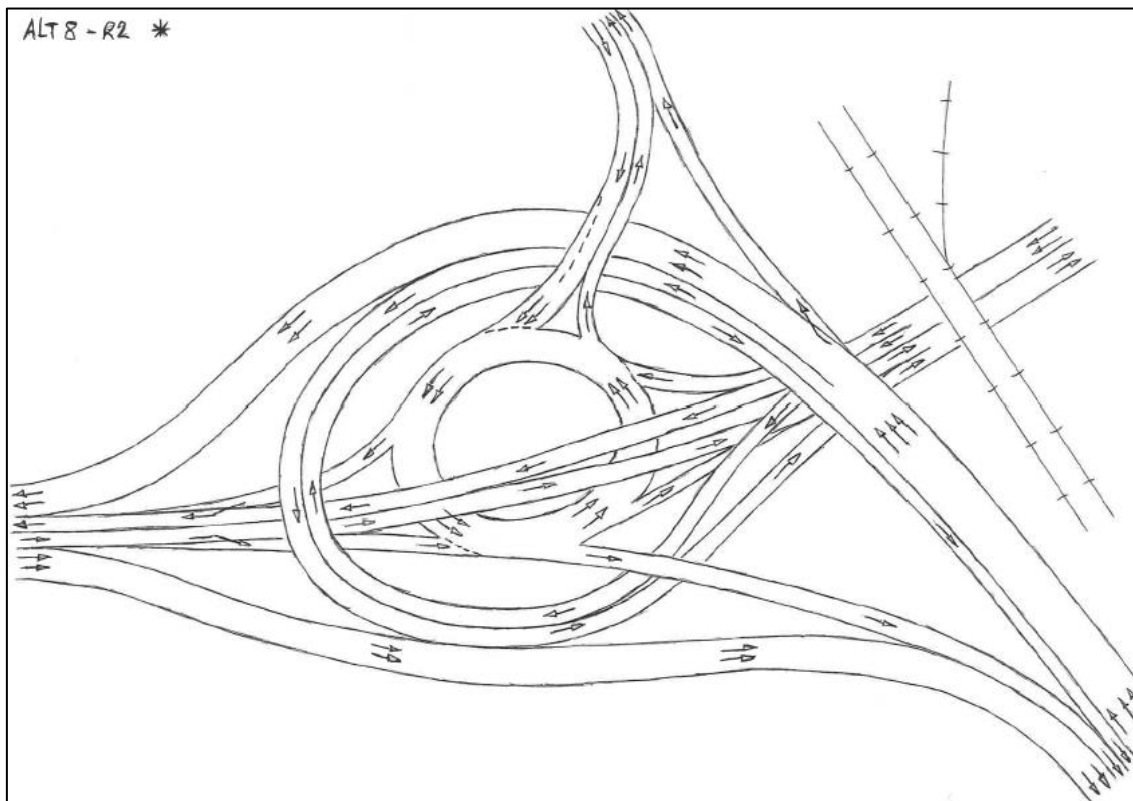


Figura 36. Boceto de la alternativa ALT8-R2



5.3.9. Alternativa ALT9-R3

Esta es la última alternativa creada en el estudio de soluciones que se plantea. En ella, como se observa, se plantea una disposición sencilla, similar a la dispuesta en el enlace ALT7-R1.

Los movimientos principales, los cuales no se hacen pasar por la rotonda, son los de origen – destino València – Teruel y Teruel – Puerto de Sagunto, en ambos sentidos en los dos casos, y discurriendo los viales que dan servicio a estos movimientos bajo la estructura de la glorieta a distinto nivel. Además, también se ha decidido disponer los movimientos origen – destino València – Sagunto, en ambos sentidos, con viales directos e independientes.

Como puede observarse en el propio boceto, y a pesar de la gran simplicidad que muestran los movimientos principales anteriormente descritos, tiene difícil encaje la disposición de las estructuras y plataformas necesarias para dar servicio a los ramales de entrada y salida de la glorieta, junto con los viales directos entre València y Teruel. Esto proporciona una gran cantidad de estructuras que puede que den inviabilidad económica, o incluso técnica, a la solución.

València – Puerto	Divergencia, salida a derechas, ramal de incorporación a glorieta (2 cuadrantes), ramal de salida con divergencia a izquierdas y convergencia con vial Teruel – Puerto
València – Sagunto	Divergencia y ramal directo
València – Teruel	Divergencia y vial de alta capacidad
València – València	Divergencia, salida a derechas, ramal de entrada a glorieta (2 cuadrantes), y ramal de salida con divergencia a derechas
Puerto – Sagunto	Divergencia, ramal de incorporación a glorieta (4 cuadrantes), ramal de salida y convergencia con ramal València – Sagunto
Puerto – Teruel	Divergencia y vial directo



Puerto – València	Divergencia, ramal de incorporación a glorieta (3 cuadrantes) y ramal de salida con divergencia a derechas
Puerto – Puerto	Divergencia, ramal de incorporación a glorieta (3 cuadrantes), ramal de salida con divergencia a izquierdas y convergencia con vial Teruel – Puerto
Sagunto – Teruel	Ramal de incorporación a glorieta (1 cuadrante), ramal de salida e incorporación a vial Puerto – Teruel
Sagunto – València	Ramal de incorporación a glorieta (2 cuadrantes) y ramal de salida con divergencia a derechas
Sagunto – Puerto	Ramal de incorporación a glorieta (2 cuadrantes), ramal de salida con divergencia a izquierdas y convergencia con vial Puerto – Teruel
Sagunto – Sagunto	Ramal de incorporación a glorieta (3 cuadrantes), ramal de salida y convergencia con ramal València – Sagunto
Teruel – València	Divergencia y vial directo de alta capacidad
Teruel – Puerto	Divergencia y vial directo
Teruel – Sagunto	Salida a derechas, ramal de incorporación a glorieta (2 cuadrantes), ramal de salida y convergencia con ramal València – Sagunto
Teruel – Teruel	Salida a derechas, ramal de incorporación a glorieta (4 cuadrantes), ramal de salida e incorporación a vial Puerto – Teruel

Tabla 32. Movimientos ALT9-R3

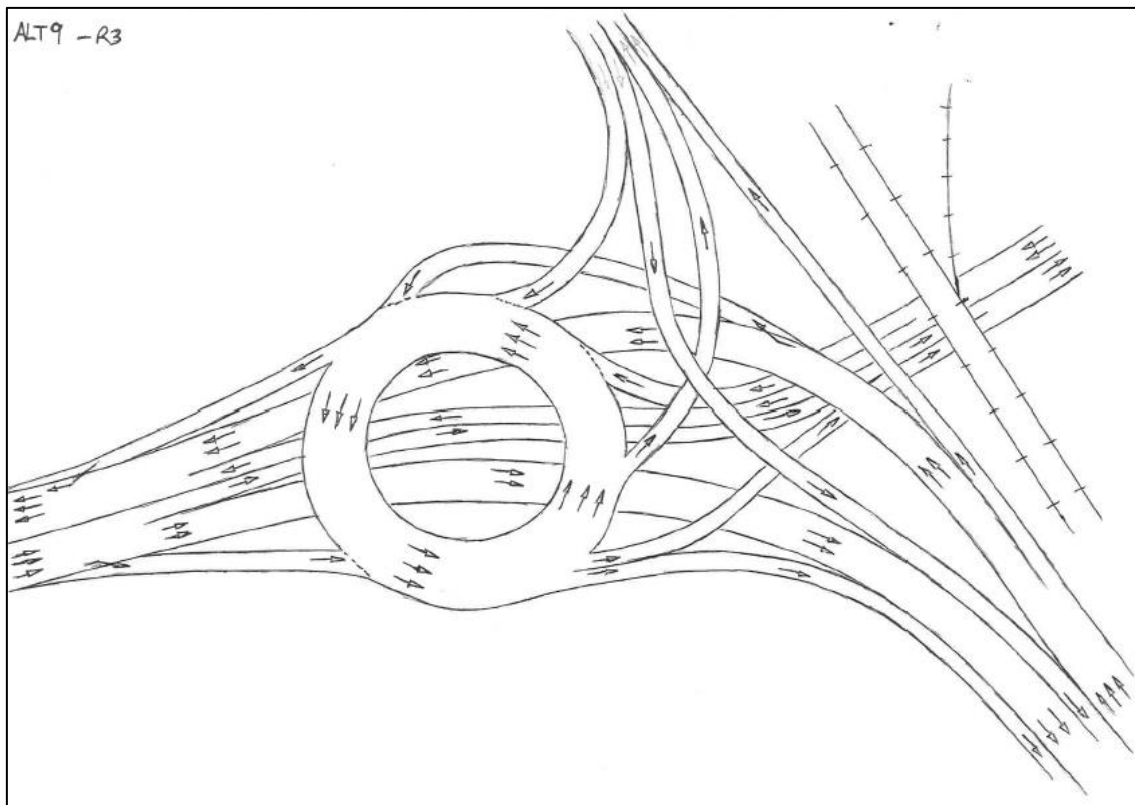


Figura 37. Boceto de la alternativa ALT9-R3

5.3.10. Conclusiones y alternativas a analizar

Una vez plateadas todas las posibles alternativas que han podido ser plateadas, a escala de boceto, se ha llevado a cabo el análisis para la identificación de las alternativas que presentan mayor viabilidad técnica y económica, para su posterior evaluación en la siguiente fase del estudio de soluciones.

Por un lado, como puede observarse en los propios diseños, las alternativas que presentan soluciones con un protagonismo de movimientos materializados con ramales directos (tipo D), pueden presentar escasa viabilidad económica. Esto es debido al gran número de plataformas necesarias, así como la gran cantidad de estructuras que son requeridas para la multitud de intersecciones resultantes.

Por otro lado, de entre las alternativas que presentan una plataforma circular (tipo C) que da servicio a, prácticamente, la totalidad de los movimientos, existen algunas que presentan movimientos de trenzado que pueden presentar importantes problemas de seguridad vial. Además, tras el tanteo de la longitud del trenzado necesaria según los



condicionantes de la propia alternativa, se observa la necesidad de un gran espacio para efectuar el movimiento de trenzado, lo que resta, en gran medida, viabilidad técnica a la solución. Por ello, las alternativas con trenzado se descartan para fases futuras del estudio de soluciones de este mismo Trabajo.

Por último, comparando las disposiciones planteadas utilizando glorietas a distinto nivel (tipo R), observamos que existe una alternativa difícilmente competitiva con respecto a las demás, la ALT9 – R3. En ella, no se ha logrado plantear una disposición sencilla de los ramales, de manera que se ha generado una alternativa con una gran cantidad de plataformas y estructuras necesarias.

Por todo lo comentado anteriormente, las alternativas de mayor viabilidad y que, por lo tanto, van a ser analizadas en mayor profundidad en la segunda fase del estudio de soluciones son:

- Enlace A: Alternativa ALT5 – C3
- Enlace B: Alternativa ALT7 – R1
- Enlace C: Alternativa ALT8 – R2

5.4. Cálculos de capacidad

Se aborda en el presente apartado el predimensionamiento, por capacidad, de los diferentes ramales y elementos que conforman cada una de las tres alternativas seleccionadas de la fase inicial.

Para ello, se detalla en primer lugar los diferentes métodos de análisis tenidos en cuenta para los elementos a calcular para finalmente adjuntar los resultados obtenidos.

5.4.1. Método de cálculo de capacidad en glorietas de hasta 2 carriles

Para el cálculo de la capacidad de este tipo de glorietas que presentan uno o dos carriles que su corona circular, se ha utilizado el método proporcionado por el Highway Capacity



Manual²⁵ (HCM 2016), publicación de la Transportation Research Board (TRB) de las National Academies of Science, Engineering, and Medicine.

El proceso de cálculo de la capacidad de glorietas debe comenzar con la obtención de la matriz Origen-Destino a la que la propia glorieta va a dar servicio. Para ello, y en función de la matriz Origen-Destino de referencia, debe adaptarse la misma en unidades de intensidad horaria y teniendo en cuenta únicamente los movimientos a los que la glorieta da servicio.

Además, se ha tenido en cuenta que pueden existir pequeños flujos de tráfico de los movimientos a los que la glorieta no da servicio por la existencia de ramales independientes de mayor capacidad. Dicho tráfico, debido a posibles errores en la circulación, se ha estimado como del 2% del total del tráfico que va a realizar dicho movimiento.

Por otro lado, el tráfico los movimientos que no existen en la actualidad, es decir, los cambios de sentido hacia València, Puerto de Sagunto y Teruel, se ha estimado como un 1% del tráfico total que discurre por dicho tronco.

De ese modo, se obtiene la matriz Origen-Destino de intensidades horarias “ V_i ” (vh/h) que permitirá caracterizar la demanda total de la glorieta. Posteriormente, se obtendrá la intensidad en hora punta “ v_i ” (vh/h) aplicando sobre el anterior un factor de hora punta “PHF” estimado como 0,95.

$$v_i = \frac{V_i}{PHF}$$

La intensidad de hora punta calculada deberá ser ajustada considerando el efecto de los vehículos pesados sobre la demanda de la glorieta. Para ello, se define la matriz O-D de factores de ajuste “ f_{HV} ” que, aplicados a las intensidades en hora punta en vh/h, permite obtener la intensidad en hora punta en vehículos ligeros equivalentes por hora (pc/h) considerando cada vehículo pesado como equivalente a dos ligeros:

$$v_{i,pce} = \frac{v_i}{f_{HV}}$$

²⁵ USA Transportation Research Board (2016). Highway Capacity Manual 6th edition, a guide for multimodal mobility análisis. Volume 3: Interrupted Flow. Chapter 22: Roundabouts.



Con:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T \cdot (E_t - 1)}$$

Siendo:

P_T : Proporción de pesados, en tanto por 1

E_T : Factor de equivalencia = 2

Para la obtención de los factores “ f_{HV} ” debe calcularse, como se observa, la matriz O-D de porcentaje de pesados “ P_T ”. Para ello, se han considerado los datos obtenidos de los Mapas de Tráfico de 2017. Dichos porcentajes de pesados, caracterizados para los cuatro troncos del enlace, se han definido para cada movimiento calculándolos como combinación lineal de la IMD del tronco de origen y el de destino.

A partir de dicha intensidad horaria de cada movimiento, es posible calcular la intensidad horaria de cálculo de cada entrada y salida de la glorieta. Para ello, la intensidad del tráfico “ v_e ” en cada entrada i puede calcularse como la suma de todas las componentes de la matriz O-D de “ $v_{i,pce}$ ” con origen en el tronco i , y la intensidad del tráfico “ v_{ex} ” en cada salida j como la suma de todas las componentes con destino el tronco j .

Del mismo modo, es posible calcular la intensidad “ v_c ” de vehículos equivalentes que van a circular, delante de cada entrada, por la corona circular de la glorieta, para cuyo cálculo deben sumarse todas las componentes de la matriz O-D de “ $v_{i,pce}$ ” que van a circular por el punto estudiado.

Una vez caracterizado el tráfico de cada punto de la glorieta, debe aplicarse la formulación que propone el HCM para el cálculo de la capacidad de cada acceso a la misma. El cálculo de la capacidad de cada entrada y cada salida varía en función del número de carriles de dicho acceso, de manera que:

Para accesos de un carril:

$$C_{e,pce} = 1420 \cdot e^{-0.00085 \cdot v_{c,pce}}$$

Para cada carril de los accesos de dos carriles:



$$c_{e,pce} = 1350 \cdot e^{-0.00092 \cdot v_{c,pce}}$$

Tanto las intensidades como las capacidades calculadas deben ser desajustadas aplicándose un factor de desajuste que depende de los factores de ajuste de vehículos pesados calculados anteriormente. Sin embargo, el método propuesto para el cálculo, como combinación lineal, de los porcentajes de pesados en cada componente de la matriz O-D proporciona un valor de factor de desajuste de 1, por lo que este paso no es necesario en el presente Trabajo.

$$c_i = c_{e,pce}$$

$$v_i = v_{e,pce}$$

Para finalizar el proceso de cálculo, y en base a las demandas y capacidades calculadas para cada entrada y salida de la glorieta, se debe realizar el cálculo de los valores que definen, según el modelo del HCM. Por un lado, debe calcularse para cada acceso la relación intensidad/capacidad, ambos en vehículos por hora, y por otro lado debe calcularse el tiempo de demora media por acceso, calculados ambos valores según las siguientes expresiones.

$$x_i = \frac{v_i}{c_i}$$

$$d_i = \frac{3600}{c_i} + 900 \cdot T \cdot \left[x_i - 1 + \sqrt{(x_i - 1)^2 + \frac{\frac{8600}{c_i} \cdot x_i}{450 \cdot T}} \right] + 5 \cdot \min(x_i; 1)$$

Siendo:

d_i : Demora media del acceso (s/vh)

x_i : Relación intensidad/capacidad del acceso/carril

c_i : Capacidad del acceso (vh/h)

v_i : Intensidad del acceso (vh/h)

T: Periodo de tiempo en horas (0.25 h, cuarto de hora más cargado)



Por último, a través de los valores de demora media y relación x_i de cada acceso, es posible obtener el nivel de servicio (LOS) para cada uno de los accesos. Para ello, se ha utilizado el criterio que, al respecto, proporciona el HCM y que se define en la Tabla 33.

Demora media (s/vh)	Nivel de servicio (LOS) por relación x_i	
	$v/c \leq 1$	$v/c > 1$
0 – 10	A	F
10 – 15	B	F
15 – 25	C	F
25 – 35	D	F
35 – 50	E	F
>50	F	F

Tabla 33. Criterio de cálculo del nivel de servicio (LOS)

Por otro lado, y respetando el criterio anteriormente expuesto para determinar el nivel de servicio, puede obtenerse el LOS global de la glorieta mediante el cálculo de la demora media de la misma, calculada como la media ponderada de cada uno de los accesos de la intersección.

$$d_{intersección} = \frac{\sum d_i \cdot v_i}{\sum v_i}$$

5.4.2. Método de cálculo de capacidad en glorietas de 3 o más carriles

La formulación anteriormente mencionada para el cálculo de la capacidad de los accesos que propone el HCM, así como el conocido CETUR-86 hace tan solo referencia a glorietas con anillos con, como máximo, dos carriles.



Ante la posibilidad de requerir capacidades mayores a las resultantes mediante el cálculo anterior, se ha planteado la utilización de un método alternativo para el cálculo de la capacidad de glorietas con tres o más carriles, para lo cual se ha utilizado el método conocido como método del TRRL, del Transport Rad and Research Laboratory de Gran Bretaña.²⁶

Dicha metodología calcula la capacidad de cada entrada en función del tráfico que circula por delante de la entrada en la calzada anular Q_c y tres parámetros dependientes de la geometría de la glorieta y de la entrada, tal y como se detalla a continuación:

$$Q_e = k \cdot (F - f_c \cdot Q_c)$$

Siendo:

Q_e : Capacidad de una entrada

Q_c : Tráfico que circula por delante de la entrada en la calzada anular

F , k y f_c : Parámetros dependientes de la geometría de la glorieta y entrada

Con:

$$k = 1 + 0.00347 \cdot (\theta - 30) - 0.978 \cdot \left(\frac{L}{r} - 0.05\right)$$

$$F = 303 \cdot x$$

$$f_c = 0.21 \cdot t \cdot (1 + 0.2 \cdot x)$$

$$t = 1 + \frac{0.5}{1 + e^{\frac{D-60}{10}}}$$

$$x = v + \frac{e - v}{1 + 2S}$$

$$S = \frac{e - v}{L}$$

Los diferentes parámetros geométricos que afectan a la formulación descrita se definen en la siguiente imagen, extraída de la bibliografía de referencia.

²⁶ Carlos de la Hoz De la Escalera, Julio Pozueta Echavarri (1989). Recomendaciones para el diseño de glorietas en carreteras suburbanas.

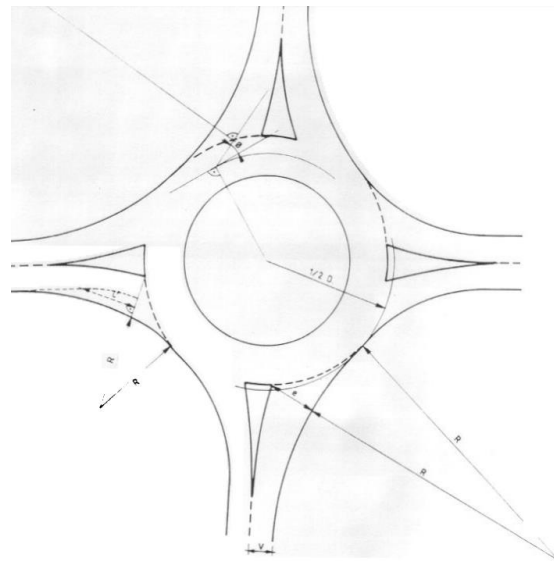


Figura 38. Parámetros geométricos método TRRL

A pesar de lo anteriormente mencionado, cabe tener en cuenta que las alternativas de enlace con glorieta planteadas disponen de una solución de glorieta desnivelada o glorieta a distinto nivel. Para ese caso, el documento propone una variante de la fórmula británica expuesta²⁷ que, <<siendo igualmente empírica, se justifica por la distinta visibilidad que existe en las glorietas desniveladas (debido a los pilares cuando se sitúa debajo y a la pendiente ascendente en el caso contrario), por la mayor distancia entre la entrada y la salida de un mismo brazo, etc.>>

Dicha fórmula, que es la que se utilizará para glorietas de 3 carriles, es:

$$Q_e = 1.11 \cdot F - 1.40 \cdot f_c \cdot Q_c$$

5.4.3. Método de cálculo de capacidad en tramos básicos

Uno de los aspectos más importantes para el cálculo de la capacidad de tramos básicos de autopistas, según el método que para ello propone el HCM, es la determinación de la velocidad en flujo libre (FFS), definida como la velocidad teórica que se daría en el tramo con baja densidad. En el presente Trabajo, se ha utilizado para su estimación la siguiente expresión proporcionada por el manual:

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A$$

²⁷ Referenciado por de la Hoz y Pozueta como SEMENS, 1982



Siendo:

BFFS: Base Free Flow Speed (km/h)

f_{LS} : Factor de ajuste debido al ancho de carriles y de arcén

f_A : Factor de ajuste debido a densidad de accesos

A partir de la velocidad en flujo libre anteriormente calculada, la cual no debe superar las 75 mi/h, es posible calcular la capacidad de la vía a través de la siguiente expresión, garantizando que esta no supera los 2400 veh/h/carril.

$$c = 2200 + 10 \cdot (FFS - 50)$$

Esta capacidad deberá ser comparada, mediante la ratio v/c que debe ser inferior a la unidad, con la demanda ajustada que va a presentar el vial analizado. Dicha demanda deberá ser definida en vehículos equivalentes, de manera que se ajuste a través del factor de hora punta, el número de carriles y el factor de conversión para vehículos pesados. Para los casos en los que la ratio v/c sea inferior a 1, el nivel de servicio (LOS) podrá ser comprobado mediante la posición de la componente FFS/Demanda en la Figura 39.

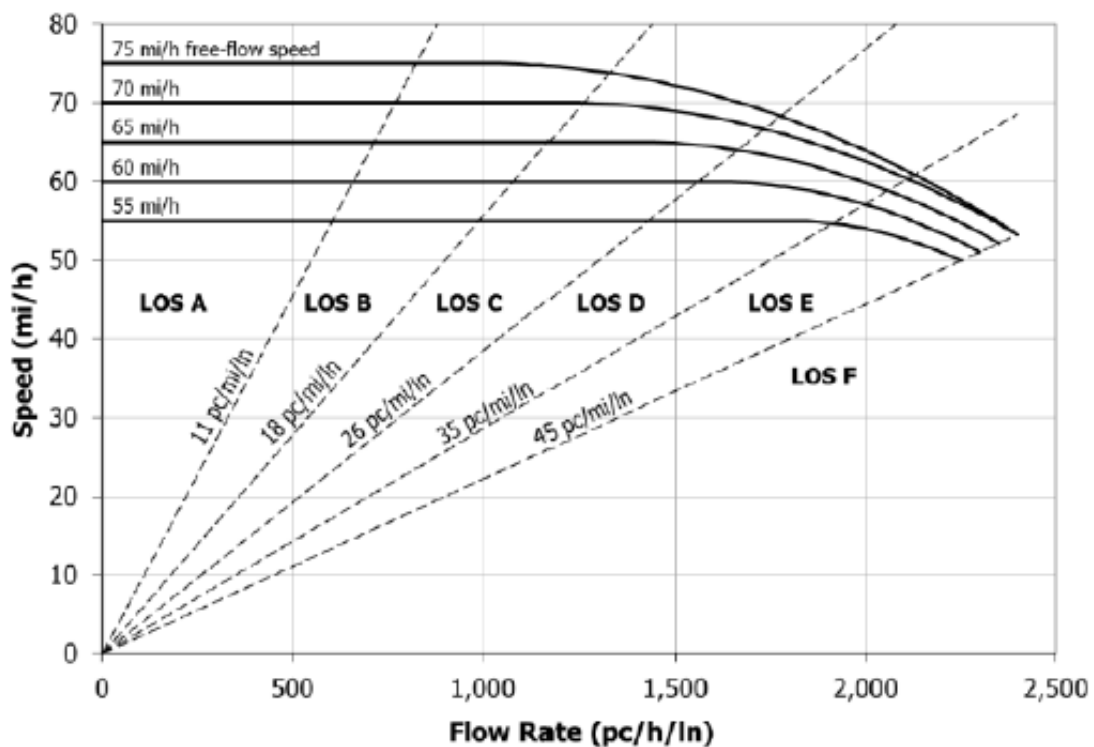


Figura 39. Nivel de servicio de tramos básicos de autopistas

5.4.4. Método de cálculo de capacidad en tramos de trenzado

Para el análisis de la capacidad y el nivel de servicio de un tramo donde aparecen movimientos trenzados, el primer aspecto a tener en cuenta es la descomposición de las intensidades de análisis. Para ello, se definen los siguientes términos:

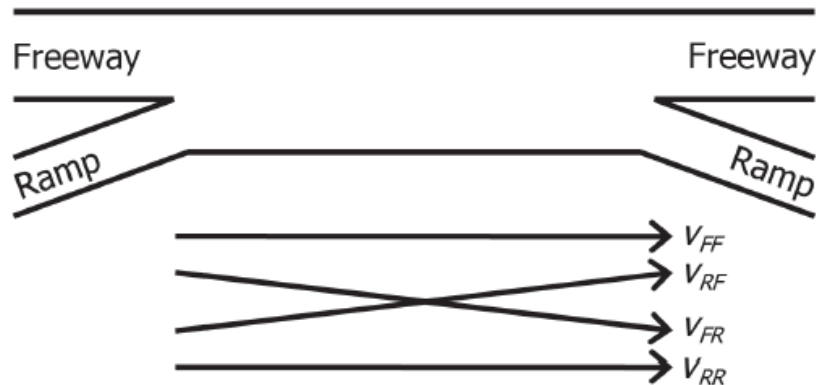


Figura 40. Descomposición de las intensidades de análisis en tramos trenzados

Cada una de estas componentes V_{ij} debe ser ajustada a vehículos equivalentes v_{ij} , mediante la metodología ya expuesta en apartados anteriores utilizando un factor de hora punta PHF de 1,00 y el mismo factor de conversión para vehículos pesados f_{HV} que se utilizaría para el ajuste de la demanda de un tramo básico.

A partir de estas intensidades descompuestas y ajustadas, las dos componentes fundamentales de la intensidad de análisis en tramos de trenzado son:

$$v_W = v_{RF} + v_{FR}$$

$$v_{NW} = v_{FF} + v_{RR}$$

Siendo:

v_W : Intensidad ajustada de movimientos de trenzado

v_{NW} : Intensidad ajustada de movimientos sin trenzado

Posteriormente será necesario determinar la tasa mínima de cambios de carril para movimientos de trenzado, calculada en cambios de carril por hora en base a la siguiente expresión.

$$LC_{MIN} = (LC_{RF} \cdot v_{RF}) + (LC_{FR} \cdot v_{FR})$$



Siendo:

LC_{RF} : Cambios de carril necesarios para incorporarse del ramal “R” al “F”.

LC_{FR} : Cambios de carril necesarios para incorporarse del ramal “F” al “R”.

El siguiente paso será el cálculo de la máxima longitud de trenzado, que es aquella para la cual añadir más longitud no produce una mejora de la capacidad.

$$L_{MAX} = 5728 \cdot (1 + VR)^{1.6} - 1566 \cdot N_{WL}$$

Siendo:

VR: Porcentaje, en tanto por uno, de la intensidad v_W con respecto al total.

N_{WL} : Carriles que dan servicio al trenzado con 0 o 1 movimiento.

En los casos en los que la zona de trenzado tenga una longitud corta (L_S), es decir, una longitud de línea discontinua, superior a dicha máxima longitud de trenzado, el tramo podrá analizarse como dos ramales, siendo en caso contrario cuando deberá llevarse a cabo la metodología expuesta a continuación.

Por un lado, debe calcularse la capacidad del trenzado c_W por la densidad de tráfico que va a hacer servicio del mismo:

$$c_W = c_{IWL} \cdot N \cdot f_{HV}$$

Siendo:

N: Número de carriles

c_{IWL} : Capacidad por carril debido a la densidad

Con:

$$c_{IWL} = c_{IFL} - 438,2 \cdot \left(1 + \frac{v_W}{v_W + v_{NW}}\right)^{1,6} + 0,0765 \cdot L_S + 119,8 \cdot N_{WL}$$

Donde:

c_{IFL} : Capacidad por carril del tramo básico de la misma FFS

Por otro lado, debe calcularse la capacidad del trenzado c_W por el número de movimientos, ajustada para vehículos equivalentes.



$$c_W = c_{IW} \cdot f_{HV}$$

Siendo:

$$c_{IW} = \begin{cases} \frac{2400}{VR} ; si N_{WL} = 2 \\ \frac{3500}{VR} ; si N_{WL} = 3 \end{cases}$$

Para ambas capacidades, deberá comprobarse que la relación v/c es inferior a 1, en cuyo caso deberá continuarse con el cálculo del nivel de servicio del trenzado, al mismo tiempo que, en caso contrario, el nivel de servicio será F.

Una de las últimas fases del proceso de cálculo es la determinación de las tasas de cambio de carril, que permite el cómputo de tres tipos de cambios de carril: los necesarios para realizar el trenzado, los cambios opcionales de los vehículos que realizan el trenzado, y los realizados por vehículos que no efectúan ningún movimiento de trenzado.

Los dos primeros de los tipos de cambios de carril expuestos se computan mediante el cálculo de la tasa LC_W de cambios de carril de vehículos del trenzado por hora, calculada como:

$$LC_W = LC_{MIN} + 0.39 \cdot ((L_S - 300)^{0.5} \cdot N^2 \cdot (1 + ID)^{0.8})$$

Siendo:

N: Número de carriles del tramo de trenzado

L_S : Longitud corta del trenzado, con un mínimo de 300 pies.

ID: Densidad de enlaces por milla

El último de los tipos de cambios de carril se computa mediante el parámetro LC_{NW} de cambios de carril de vehículos sin trenzar, el cual puede estimarse como:

$$LC_{NW} = \begin{cases} LC_{NW1} si I_{NW} \leq 1300 \\ LC_{NW2} si I_{NW} \geq 1950 \\ LC_{NW2} si 1300 < I_{NW} < 1950 y LC_{NW1} \geq LC_{NW2} \\ LC_{NW3} si 1300 < I_{NW} < 1950 y LC_{NW1} < LC_{NW2} \end{cases}$$

Siendo los parámetros auxiliares:



$$I_{NW} = \text{Índice de vh que no trenzan} = \frac{L_S \cdot ID \cdot v_{NW}}{10000}$$

$$LC_{NW1} = 0.206 \cdot v_{NW} + 0.542 \cdot L_N - 192.6 \cdot N$$

$$LC_{NW2} = 2135 + 0.223 \cdot (v_{NW} - 2000)$$

$$LC_{NW3} = LC_{NW1} + (LC_{NW2} - LC_{NW1}) \cdot \frac{I_{NW} - 1300}{650}$$

Finalmente, y tras la consideración de todas las posibles tipologías de cambios de carril que pueden aparecer en el tramo de trenzado, es posible calcular la tasa de cambios totales de carril:

$$LC_{ALL} = LC_W + LC_{NW}$$

El último paso del proceso de cálculo del nivel de servicio del tramo se basa en la determinación de la densidad del tráfico que éste va a experimentar, y en base al cual se determinará el nivel de servicio. Para el cálculo de la densidad es necesario estimar previamente la velocidad media S de los vehículos tanto que van a realizar movimientos de trenzado a una velocidad S_W como los que no trenzan, a una velocidad S_{NW} .

$$S = \frac{v_W + v_{NW}}{\frac{v_W}{S_W} + \frac{v_{NW}}{S_{NW}}}$$

Siendo:

$$S_{NW} = FFS - 0.0072 \cdot LC_{MIN} - 0.0048 \cdot \frac{v_W + v_{NW}}{N}$$

$$S_W = 15 + \frac{FFS - 15}{1 + W}$$

Con:

$$W = 0.226 \cdot \left(\frac{LC_{ALL}}{L_S} \right)^{0.789}$$

Con estos datos, es posible calcular la densidad D en vehículos por milla por carril, con la cual definir el nivel de servicio del trenzado y calculada como:

$$D = \frac{v}{S} = \frac{v_W + v_{NW}}{S}$$



Nivel de servicio (LOS)	Densidad (veh/mi/carril)
A	0-10
B	10-20
C	20-28
D	28-35
E	35-43
F	>43 o v/c>1

Tabla 34. Nivel de servicio de tramos de trenzado

5.4.5. Nivel de servicio de la glorieta de la ALT7 – R1.

Para la glorieta a distinto nivel que se plantea en esta alternativa, se ha realizado el cálculo de su capacidad para las siguientes situaciones y diseños geométricos:

- Con intensidad horaria media del día del aforo, calzada anular de 2 carriles, y todas las entradas y salidas de la glorieta con 1 carril (Opción 7.1).
- Con intensidad horaria media del día del aforo, calzada anular de 2 carriles, y todas las entradas y salidas de la glorieta con 2 carriles (Opción 7.2).
- Con intensidad horaria media del día del aforo, calzada anular de 3 carriles, y todas las entradas y salidas de la glorieta con 1 carril (Opción 7.3).
- Con intensidad horaria media del día del aforo, calzada anular de 3 carriles, y todas las entradas y salidas de la glorieta con 2 carriles (Opción 7.4).
- Con intensidad de la hora punta del día del aforo, calzada anular de 2 carriles, y todas las entradas y salidas de la glorieta con 1 carril (Opción 7.1).
- Con intensidad de la hora punta del día del aforo, calzada anular de 2 carriles, y todas las entradas y salidas de la glorieta con 2 carriles (Opción 7.2).



- Con intensidad de la hora punta del día del aforo, calzada anular de 3 carriles, y todas las entradas y salidas de la glorieta con 1 carril (Opción 7.3).
- Con intensidad de la hora punta del día del aforo, calzada anular de 3 carriles, y todas las entradas y salidas de la glorieta con 2 carriles (Opción 7.4).

En el Anejo 1 “Resultados del estudio de tráfico” se muestran las matrices de nivel de servicio de cada ramal en cada uno de los diseños plateados para las dos situaciones de cálculo (hora punta e intensidad media) comprobadas.

Se recogen en la Tabla 35 los resultados del nivel de servicio global de cada alternativa en las dos situaciones, calculado según las expresiones anteriores.

		Situación de cálculo			
		Intensidad media 11 abril		Intensidad H.P. 11 abril	
		d_i (s/vh)	L.O.S.	d_i (s/vh)	L.O.S.
Diseño de glorieta	Opción 7.1	23,11	C	260,34	F
	Opción 7.2	11,25	B	45,62	E
	Opción 7.3	3,73	A	67,17	F
	Opción 7.4	2,38	A	10,96	B

Tabla 35. Cálculos de capacidad de la glorieta de la ALT7 - R1

Independientemente de los resultados de nivel de servicio globales, cabe tener en cuenta que, a priori, ninguno de ellos va a ser el diseño definitivo de la glorieta. De hecho, la solución final deberá ser una solución intermedia en la que cada una de las entradas y salidas tenga el mínimo número de carriles para el cual se da un L.O.S. aceptable.

Para poder decidir el diseño definitivo de la glorieta, deberán ser estudiados los niveles de servicio de cada uno de los ramales, y de sus carriles, de las cuatro opciones de diseño en las dos situaciones de cálculo planteadas. Se muestran a continuación dichos resultados, con los cuales se ha podido calcular los niveles de servicio globales.



		Entrada	Salida
Acceso	Sur	D	C
	Este	C	D
	Norte	D	C
	Oeste	B	B

Tabla 36. L.O.S de los accesos de la Opción 7.1 con intensidad media

		Entrada	Salida
Acceso	Sur	F	F
	Este	F	F
	Norte	F	F
	Oeste	E	F

Tabla 37. L.O.S de los accesos de la Opción 7.1 con intensidad de hora punta

		Entrada		Salida	
		Carril Izq.	Carril Der.	Carril Izq.	Carril Der.
Acceso	Sur	B	B	B	A
	Este	A	A	B	B
	Norte	B	B	A	A
	Oeste	A	A	A	A

Tabla 38. L.O.S de los accesos de la Opción 7.2 con intensidad media



		Entrada		Salida	
		Carril Izq.	Carril Der.	Carril Izq.	Carril Der.
Acceso	Sur	F	E	E	D
	Este	D	D	F	F
	Norte	F	E	D	C
	Oeste	D	C	E	D

Tabla 39. L.O.S. de los accesos de la Opción 7.2 con intensidad en hora punta

		Entrada	Salida
		Sur	B
Este	A	B	
Norte	B	A	
Oeste	A	A	

Tabla 40. L.O.S. de los accesos de la Opción 7.3 con intensidad media

		Entrada	Salida
		Sur	F
Este	D	F	
Norte	F	D	
Oeste	B	C	

Tabla 41. L.O.S. de los accesos de la Opción 7.3 con intensidad en hora punta



		Entrada		Salida	
		Carril Izq.	Carril Der.	Carril Izq.	Carril Der.
Acceso	Sur	A	A	A	A
	Este	A	A	A	A
	Norte	A	A	A	A
	Oeste	A	A	A	A

Tabla 42. L.O.S. de los accesos de la Opción 7.4 con intensidad media

		Entrada		Salida	
		Carril Izq.	Carril Der.	Carril Izq.	Carril Der.
Acceso	Sur	A	A	A	A
	Este	A	A	A	A
	Norte	A	A	A	A
	Oeste	A	A	A	A

Tabla 43. L.O.S de los accesos de la Opción 7.4 con intensidad en hora punta

Tal y como puede observarse, las opciones 1 y 2, es decir, una glorieta con dos carriles en su calzada anular no permite disponer todos los accesos con un nivel de servicio aceptable en hora punta, se diseñen o no con dos carriles.

La solución definitiva deberá ser una glorieta con una corona de 3 carriles, la cual se observa que sí que es una opción técnicamente viable. Estudiando los L.O.S. de los ramales con uno y dos carriles, es posible disponer cuatro de ellos con un solo carril manteniendo un nivel de servicio superior a F en hora punta. De ese modo, en la Tabla 44 se definen el número de carriles a disponer en cada acceso en la solución definitiva,



así como el nivel de servicio que, según los resultados anteriores, mostrará cada uno de ellos con intensidad media (Tabla 45) y en hora punta (Tabla 46).

		Entrada	Salida
Acceso	Sur	2 carriles	2 carriles
	Este	1 carril	2 carriles
	Norte	2 carriles	1 carril
	Oeste	1 carril	1 carril
Calzada anular		3 carriles	

Tabla 44. Solución definitiva glorieta ALT7 - R1

		Entrada		Salida	
		Carril Izq.	Carril Der.	Carril Izq.	Carril Der.
Acceso	Sur	A	A	A	A
	Este	A		A	A
	Norte	A	A	A	
	Oeste	A		A	

Tabla 45. L.O.S. de la solución ALT7 definitiva con intensidad media

		Entrada		Salida	
		Carril Izq.	Carril Der.	Carril Izq.	Carril Der.
Acceso	Sur	A	A	A	A
	Este	D		A	A



	Norte	A	A	D
	Oeste	B		C

Tabla 46. L.O.S. de la solución ALT7 definitiva con intensidad en hora punta

5.4.6. Nivel de servicio de la glorieta de la ALT8 – R2

Para la glorieta a distinto nivel que se plantea en esta alternativa, se ha realizado el cálculo de su capacidad para las siguientes situaciones y diseños geométricos:

- Con intensidad horaria media del día del aforo, calzada anular de 2 carriles, y todas las entradas y salidas de la glorieta con 1 carril (Opción 8.1).
- Con intensidad horaria media del día del aforo, calzada anular de 2 carriles, y todas las entradas y salidas de la glorieta con 2 carriles (Opción 8.2).
- Con intensidad de la hora punta del día del aforo, calzada anular de 2 carriles, y todas las entradas y salidas de la glorieta con 1 carril (Opción 8.1).
- Con intensidad de la hora punta del día del aforo, calzada anular de 2 carriles, y todas las entradas y salidas de la glorieta con 2 carriles (Opción 8.2).

En este caso no se han planteado soluciones con 3 carriles en la calzada anular debido a que soluciones con dos carriles, a priori de ejecución más sencilla, permiten obtener disposiciones con viabilidad técnica.

En el Anejo 1 “Resultados de estudio de tráfico” se muestran las matrices de nivel de servicio de cada ramal en cada uno de los diseños plateados para las dos situaciones de cálculo (hora punta e intensidad media) comprobadas.

A continuación, se recogen en la Tabla 47 los resultados del nivel de servicio (L.O.S.) global de cada alternativa en las dos situaciones. Tal y como ya se ha mencionado, estos niveles de servicio globales no son descriptivos de la capacidad real de la glorieta, pues ésta debe ser analizada para cada uno de los accesos. Sin embargo, sí que proporcionan información relevante en cuanto a la idoneidad de cada alternativa, en general, con respecto al resto.



		Situación de cálculo			
		Intensidad media 11 abril		Intensidad H.P. 11 abril	
		d_i (s/vh)	L.O.S.	d_i (s/vh)	L.O.S.
Diseño de glorieta	Opción 8.1	16,65	C	138,77	F
	Opción 8.2	8,26	A	25,42	D

Tabla 47. Cálculos de capacidad de la glorieta de la ALT8 - R2

Tal y como se ha mostrado para la alternativa ALT7 – R1, se recogen a continuación los niveles de servicio de los accesos de cada diseño para cada situación de cálculo, de manera que pueda definirse la mejor disposición de carriles por acceso que proporcione a la infraestructura niveles de servicio aceptables.

Tal y como se ha mencionado, la solución idónea estará definida por accesos con el menor número de carriles posible, de tal forma que no aparezcan niveles de servicio F en ninguna de las dos situaciones de cálculo consideradas. Esta condición es especialmente restrictiva en la situación en la que se calculan los niveles de servicio con intensidad horaria media, mientras que se debe tratar de cumplir en la situación en la que los niveles de servicio se calculan para intensidades en hora punta.

		Entrada	Salida
Acceso	Sur	-	C
	Este	A	A
	Norte	D	A
	Oeste	B	B

Tabla 48. L.O.S de los accesos de la Opción 8.1 con intensidad media



		Entrada	Salida
Acceso	Sur	-	F
	Este	C	A
	Norte	F	C
	Oeste	E	F

Tabla 49. L.O.S de los accesos de la Opción 8.1 con intensidad de hora punta

		Entrada		Salida	
		Carril Izq.	Carril Der.	Carril Izq.	Carril Der
Acceso	Sur	-	-	B	A
	Este	A	A	A	A
	Norte	B	A	A	A
	Oeste	A	A	A	A

Tabla 50. L.O.S. de los accesos de la Opción 8.2 con intensidad media

		Entrada		Salida	
		Carril Izq.	Carril Der.	Carril Izq.	Carril Der
Acceso	Sur	-	-	E	D
	Este	A	A	A	A
	Norte	E	D	A	A
	Oeste	D	C	D	D

Tabla 51. L.O.S. de los accesos de la Opción 8.2 con intensidad en hora punta



Es posible observar cómo, con las dos opciones de diseño plateadas, es posible obtener soluciones definitivas que no presenten en hora punta niveles de servicio F en ninguno de sus accesos. Por ello, como ya se ha comentado, no se plantean soluciones con 3 carriles en la calzada anular de la glorieta.

La solución definitiva mostrada en la Tabla 52, tal y como se realizó para la alternativa analizada anteriormente, se ha definido con el mínimo de carriles por acceso que permitan, en hora punta, niveles de servicio superiores a F, algo que puede conseguirse con un solo carril en hasta cuatro accesos.

		Entrada	Salida
Acceso	Sur	-	2 carriles
	Este	1 carril	1 carril
	Norte	2 carriles	1 carril
	Oeste	1 carril	2 carriles
Calzada anular		2 carriles	

Tabla 52. Solución definitiva glorieta ALT8 - R2

		Entrada		Salida	
		Carril Izq.	Carril Der.	Carril Izq.	Carril Der.
Acceso	Sur	-		B	A
	Este	A		A	
	Norte	B	A	A	
	Oeste	B		A	A

Tabla 53. L.O.S. de la solución ALT8 definitiva con intensidad media



		Entrada		Salida	
		Carril Izq.	Carril Der.	Carril Izq.	Carril Der.
Acceso	Sur	-		E	D
	Este	C		A	
	Norte	E	D	C	
	Oeste	E		D	D

Tabla 54. L.O.S. de la solución ALT8 definitiva con intensidad en hora punta

5.4.7. Nivel de servicio del tramo de trenzado de la ALT5 – C3

Para el tramo de trenzado que aparece en esta alternativa, se ha realizado el cálculo de su capacidad para las siguientes situaciones y diseños geométricos:

- Con intensidad horaria media del día del aforo, calzada “Freeway” de 1 carril y calzada “Ramp” de un 1 carril (Opción 5.1).
- Con intensidad horaria media del día del aforo, calzada “Freeway” de 2 carriles, uno de ellos de trenzado, y calzada “Ramp” de un 1 carril (Opción 5.2).
- Con intensidad de la hora punta del día del aforo, calzada “Freeway” de 1 carril y calzada “Ramp” de un 1 carril (Opción 5.1).
- Con intensidad de la hora punta del día del aforo, calzada “Freeway” de 2 carriles, uno de ellos de trenzado, y calzada “Ramp” de un 1 carril (Opción 5.2).

Mediante la metodología expuesta en el apartado 5.4.4 ha sido posible obtener los niveles de servicio que, en las distintas situaciones de cálculo, se obtienen para las dos opciones planteadas. Estos resultados evidencian la necesidad de, especialmente en hora punta, disponer de dos carriles en el ramal norte del trenzado, de manera que la densidad de vehículos en el mismo disminuye generando niveles de servicio aceptables, considerando para ello una longitud del tramo de trenzado de 100 m y una velocidad BFFS de 50 km/h.



	Nivel de servicio (L.O.S.)	
	Intensidad horaria media	Intensidad en hora punta
Opción 5.1	C	F
Opción 5.2	B	D

Tabla 55. L.O.S. de las soluciones de la ALT5

5.5. Modelos del estudio de soluciones

En base a los diseños básicos que se han llevado a cabo, a nivel de boceto, en la primera fase del estudio de soluciones, se han realizado unos modelos simplificados de las tres alternativas que se han considerado de posible mayor viabilidad. Estas son, tal y como se expone en 5.3.10, las siguientes:

- Enlace A: Alternativa ALT5 – C3
- Enlace B: Alternativa ALT7 – R1
- Enlace C: Alternativa ALT8 – R2

Para ello, se ha utilizado el software *InfraWorks 2020*, de la casa Autodesk. Mediante dicho programa, es posible la modelación de obras lineales en cuanto a su geometría en planta, su perfil longitudinal, y en menor medida, su sección transversal. Sin embargo, no es posible comprobar, al menos de manera directa, la coordinación planta-alzado de las obras lineales ni el diseño preciso de las transiciones, enlaces, convergencias, divergencias, etc.

Por todo ello, en ningún caso se deben considerar estos modelos como definitivos, sino meras aproximaciones que, a nivel de predimensionamiento, permiten la estimación de las cuantías, volúmenes y costes entre diferentes alternativas. Ello permitirá conocer cuál de las alternativas analizadas es la de mayor viabilidad técnica y económica y para la que, finalmente, se llevará a cabo su diseño mediante un modelo preciso y definitivo de la solución final.



Teniendo en cuenta que los tres modelos realizados sirven como estimación de sus costes y volumetrías, se han utilizado los ensamblajes (secciones transversales) por defecto existentes en el software, así como las transiciones que automáticamente se generan entre dos obras lineales conectadas, a pesar de sus errores geométricos.

En cuanto a la definición de explanaciones, se han diseñado todas las alineaciones definidas con pendientes en desmonte 2:1 y pendientes en terraplén 3:2. De ese modo, se establecen las explanaciones mediante “pendiente fija” sin límite de explanación.

Por lo que respecta a las estructuras necesarias en cada uno de los tres modelos, estas se han modelado de manera aproximada conforme a los ejemplos que el propio programa presenta. Las pequeñas estructuras que permiten la intersección a distinto nivel a través de losas o vigas prefabricadas biapoyadas sobre muros se han modelado utilizando los ejemplos de “túnel” que presenta InfraWorks. Sin embargo, las estructuras de mayor envergadura se han modelado mediante puentes de tablero de vigas prefabricadas en doble T, cuyo canto se ha calculado para cada vano generado con relaciones canto/luz de, aproximadamente, 1/20.

Finalmente, una vez observados los cantos necesarios, se ha realizado un proceso iterativo de manera que se obtengan soluciones, para las tres alternativas de enlace, que cumplan con la instrucción de trazado en cuanto a trazado en planta y alzado. Además, se ha tenido en cuenta la necesidad de que tengan encaje geométrico por pendientes y gálibos mínimos a cumplir, para lo cual se ha tratado de que, en ningún caso, se establezcan gálibos bajo estructuras inferiores a los 5 metros, pues el vehículo tipo al que debe dar servicio la infraestructura es un tren de carretera²⁸.

En todo caso, la elección de las tipologías de estructura que se han definido anteriormente tan solo se tiene en cuenta desde el punto de vista del encaje geométrico de la solución. Tal y como se ha mencionado, la tipología de estructura a dimensionar es de gran influencia a la hora de garantizar el gálibo mínimo de 5 metros que se requiere en la infraestructura, así como en la longitud que, aproximadamente, la estructura necesaria deberá disponer. Sin embargo, y teniendo en cuenta el alcance del presente Trabajo con

²⁸ Las dimensiones mínimas que se han considerado para dicho vehículo patrón son las que se detallan en la Instrucción de Trazado 3.1-IC.



respecto a la obtención de una solución definitiva y constructiva del enlace, es necesario precisar la necesidad de estudiar en mucha mayor profundidad las diferentes soluciones que puedan plantearse en cada una de las estructuras requeridas, debiendo tener en cuenta para cada una de ellas los condicionantes particulares que puedan presentar. En este caso, tan solo se considerarán las tipologías anteriormente nombradas para estimar las dimensiones que pudieran presentar, aunque desde el punto de vista económico, no se estudiarán en concreción.

Con respecto a las diferentes alineaciones creadas en los modelos simplificados generados mediante Infracore, no se ha seguido un criterio previamente definido, pues la nomenclatura y organización de las mismas tan solo deben ser tenidas en cuenta en el diseño definitivo que se realizará finalmente, con el objetivo de generar la documentación final necesaria. En este caso, se han ido generando tantas alineaciones y elementos auxiliares como ha sido necesario para crear soluciones cuyos trazados y dimensiones se aproximen a los que tendrían la solución final.

Es posible observar, en la 126Figura 41, Figura 42 y Figura 43, el aspecto de los modelos resultantes generados en esta primera fase del estudio de soluciones, los cuales han sido analizados para su comparación multicriterio. Sin embargo, posteriormente se facilitarán los enlaces necesarios para poder realizar un análisis más exhaustivo de los resultados finalmente obtenidos, mediante visualizaciones compartidas que el propio programa informático genera.



Figura 41. Vista aérea del modelo del Enlace A: Alternativa ALT5 – C3



Figura 42. Vista aérea del modelo del Enlace B: Alternativa ALT7 – R1



Figura 43. Vista aérea del modelo del Enlace C: Alternativa ALT8 – R2

5.5.1. Acceso a la visualización de los modelos simplificados

A pesar de que el estudio de soluciones ha permitido establecer cuál de las alternativas propuestas dispone de mayor viabilidad, debe tenerse en cuenta que dichas conclusiones se obtienen para la escala y alcance de estudio con el que se ha realizado el presente Trabajo.

Como ya se ha mencionado, la utilización de la metodología BIM no se basa tan solo en la utilización de una herramienta informática específica, sino en la integración de los diferentes modelos necesarios de manera que cualquier agente implicado en el proyecto pueda disponer de manera directa de la información necesaria, pudiendo hacer incluso un seguimiento del progreso del proyecto en cualquiera de sus fases.

El presente Trabajo ha pretendido establecer un primer estudio de la solución que proporciona la óptima mejora de la infraestructura analizada. Sin embargo, en futuras



fases del proyecto, es posible que se identifiquen nuevos condicionantes que modifiquen las consideraciones que se han tenido en cuenta en el propio estudio de soluciones. El acceso, durante dichas fases más avanzadas del proyecto, a los modelos generados en el presente Trabajo, así como trabajar sobre los mismos, permitirá una optimización de los mismos a mayor nivel de detalle que facilitará en gran medida el trabajo, permitiendo evaluar sobre los mismos los nuevos condicionantes que puedan aparecer.

Para ello, se disponen a continuación las visualizaciones compartidas que el propio software de diseño utilizado permite generar en cada modelo:

- Alternativa ALT5-C3: <http://bit.do/CarlosRuanoALT5>
- Alternativa ALT7-R1: <http://bit.do/CarlosRuanoALT7>
- Alternativa 8-R2: <http://bit.do/CarlosRuanoALT8>

5.6. Obtención de volumetrías y mediciones

Previamente al planteamiento del proceso de comparación multicriterio que va a desarrollarse para identificar la solución idónea para el enlace de entre las planteadas, cabe exponer la cuantificación realizada sobre los diferentes criterios a evaluar.

La principal de las actividades llevadas a cabo para la comparación de las tres soluciones de mayor viabilidad ha sido la obtención de las mediciones más decisivas de los materiales necesarios para la construcción.

A través de las herramientas que al respecto proporciona el software de diseño utilizado en los modelos simplificados, se han obtenido los listados de mediciones de cada una de las alineaciones dispuestas en cada alternativa. De ese modo, ha sido posible obtener datos sobre la explanación, especialmente volúmenes de desmonte y terraplén, así como volúmenes netos, cantidades de hormigón a disponer, de manera aproximada, en las estructuras planteadas, metros cúbicos de mezcla bituminosa necesaria, y metros lineales de estructura. Además, se ha estimado la cantidad de acero estructural para armar necesario, utilizando para ello una cuantía media de 80 kg de acero por cada metro cúbico de hormigón dispuesto.



En el Anejo 2 “Mediciones del estudio de soluciones” se exponen dichos listados de explanación y mediciones del resto de recursos que ha sido posible cuantificar. De manera somera, se reflejan a continuación, en la Tabla 56 y Tabla 57, los resultados más destacables de este proceso de cuantificación, de los cuales se obtendrán numerosas valoraciones de cada alternativa con respecto a los diferentes criterios planteados.

	Desmante		Terraplén		Volumen neto (m ³)
	Volumen (m ³)	Metros lineales	Volumen (m ³)	Metros lineales	
ALT5-C3	143255	2538	277588	4722	-134333
ALT7-R1	217481	3712	128694	2379	88787
ALT8-R2	311980	4162	161032	2545	150948

Tabla 56. Resumen del balance de explanación (Estudio soluciones)

	Hormigón prefabr. o in situ (m ³)	Acero estructural (kg)	Mezcla bituminosa (m ³)	Estructuras (m.l.)
ALT5-C3	21132	1690554	13612	355
ALT7-R1	13117	1049371	13245	79,7
ALT8-R2	20838	1667075	15593	205,5

Tabla 57. Resumen de mediciones de otros recursos (Estudio soluciones)

5.7. Metodología propuesta de evaluación multicriterio

5.7.1. Introducción

Para el desarrollo del presente trabajo, y con el objetivo de encontrar la solución óptima, de entre las alternativas propuestas, atendiendo a los diferentes criterios establecidos, se



ha planteado el método de evaluación multicriterio de alternativas que se desarrolla a continuación.

El método de evaluación consiste en una combinación²⁹ de un análisis multicriterio discreto realizado mediante un método de evaluación a pares llamado Analytic Hierarchy Process (AHP) y el método multicriterio PRES.

Debido a las propiedades de cada uno de los dos métodos, el AHP será utilizado para la obtención de los pesos de los diferentes criterios de evaluación, pues es el proceso más subjetivo y en el que se aplican más juicios de valor. Posteriormente, el método PRES se utilizará para la decisión de, según a las valoraciones obtenidas de cada alternativa en base a cada criterio, cual es la alternativa óptima a desarrollar.

5.7.2. Formulación del Analytic Hierarchy Process (AHP)

El AHP es un método desarrollado por Saaty³⁰ en 1980 que considera una estructura de atributos jerarquizada, de manera que se priorizan las diferentes soluciones alternativas atendiendo al peso o jerarquización de los criterios de decisión, así como a la valoración de cada solución en base a dichos criterios.

En primer lugar, debe plantearse la estructura jerárquica del problema, donde se reflejen los diferentes criterios de decisión. Posteriormente, se lleva a cabo la valoración de cada uno de los criterios mediante comparaciones dos a dos, construyendo las matrices de contraste de atributos/criterios.

Para llevar a cabo dichas comparaciones dos a dos entre criterios o entre alternativas en base al grado en el que satisfacen cada criterio, se ha utilizado la escala de valoración propuesta por el propio Saaty, con la que determinar en qué medida una alternativa satisface más un determinado criterio que la alternativa con la que se compara, o en qué medida un criterio es más importante que otro, siendo la inversa de dicho valor en los casos en el que la comparación sea desfavorable para el criterio/diseño analizado. Dicha escala se muestra a continuación.

²⁹ No se expondrá, por lo tanto, el método proporcionado por los diferentes autores citados de manera exhaustiva, sino tan solo la manera en la que sus criterios se han interpretado para su aplicación combinada en el presente Trabajo.

³⁰ Fuente: Saaty, T (1980): The analytic hierarchy process. McGraw-Hill, New York.



VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda

Tabla 58. Escala de valoración de criterios/alternativas de Saaty

Para la comparación deberán tenerse en cuenta los diferentes análisis llevados a cabo sobre cada criterio. Las valoraciones deberán realizarse según el juicio propio, siempre en base a las conclusiones planteadas de los análisis en que se sustenta el proceso de decisión multicriterio.

Posteriormente, y determinando los valores propios asociados a la matriz, se obtiene el peso asociado de cada criterio, objetivo principal del proceso de aplicación del AHP en el presente Trabajo.

Así mismo, se debe llevar a cabo la comprobación de la consistencia de las valoraciones realizadas, de manera que se minimice la subjetividad del proceso eliminando las inconsistencias derivadas de las comparaciones por parejas realizadas.

Para garantizar la consistencia del procedimiento, la ratio de consistencia (CR) no debe superar los porcentajes máximos mostrados a continuación:



Tamaño de la matriz (n)	CR máximo
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

Tabla 59. Criterio de consistencia ³¹

Siendo la ratio de consistencia:

$$CR = \frac{CI}{\text{Consistencia aleatoria}}$$

Con:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Siendo:

CI: Índice de consistencia

n: Tamaño/orden de la matriz

La consistencia aleatoria constituye un valor patrón de consistencia que, en función del orden de la matriz, tal y como se muestra en la Tabla 60, representa el valor de juicios completamente aleatorios de la escala de Saaty.

Orden (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Valor	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Tabla 60. Valores de consistencias aleatorias para el cálculo del IC

Una vez comprobada la consistencia del procedimiento llevado a cabo para la ponderación de criterios de valoración, se obtiene la valoración total y normalizada de las diferentes alternativas, para lo cual se utilizará el método PRES.

³¹ Fuente: Aznar J & Guijarro F, (2011) Métodos de Valoración Multicriterio, Segunda Edición, Valencia – España.



5.7.3. Formulación del método PRES

El método PRES es un procedimiento de valoración multicriterio elaborado por Gómez-Senent³² (1991-1992) en colaboración con la Universitat Politècnica de València, en el cual la toma de decisión se basa en el denominado “índice PRES” que presenta cada alternativa y que mide la relación entre la fortaleza y la debilidad de cada alternativa con respecto a las demás.

Mediante el método AHP obtenido anteriormente, se han obtenido los diferentes pesos W_j con los que ponderar cada uno de los criterios C_j considerados. El inicio de la formulación del método PRES consistirá, en el presente Trabajo, en la valoración de cada alternativa A_i a analizar en base a cada uno de los criterios considerados. Dicha valoración se llevará a cabo mediante los diferentes análisis que se han llevado a cabo sobre cada alternativa, de modo que se defina, según resultados cuantitativos o cualitativos aplicando juicio personal, una valoración $g_j(x)$ de cada alternativa x según el criterio j , proporcionando finalmente la “Matriz de valoración”.

Sin embargo, en la calificación de las alternativas en base a criterios cuya cuantificación numérica no es posible, ligados más a valoraciones cualitativas o a la aplicación de juicios de valor, las valoración también se llevarán a cabo mediante comparaciones dos a dos entre alternativas planteadas utilizando el método AHP, por lo que se utilizarán los valores propios de las matrices de comparación para el desarrollo del presente apartado.

Posteriormente es necesaria la normalización de los valores presentes en la Matriz de valoración, para lo cual es necesario tener en cuenta la escala de valoración de cada criterio, así como si el objetivo de cada criterio es a maximizar o minimizar. La valoración normalizada $V_j(x)$ de cada alternativa x según el criterio j se obtiene como:

$$V_j(x) = \frac{g_j(x)}{\max g_j(x)}$$

³² Fuente: Aragonés Beltrán, P., Gómez-Senent Martínez, E., & U.P.V. (2001). Técnicas De Ayuda a La Decisión Multicriterio: Cuaderno De Apuntes.



De este modo, se obtiene por lo tanto la Matriz de valoración normalizada de las alternativas (Tabla 61).

CRITERIO	C ₁	(...)	C _j	(...)	C _N
PESO	w ₁	...	w _j	...	w _N
ALT 1	V ₁ (1)	...	V _j (1)	...	V _N (1)
(...)		
ALT x	V ₁ (x)	...	V _j (x)	...	V _N (x)
(...)		
ALT M	V ₁ (M)	...	V _j (M)	...	V _N (M)

Tabla 61. Formulación de Matriz de valoración normalizada

En base a esta Matriz de valoración normalizada se realizará una comparación binaria entre alternativas de modo que se observe si una alternativa domina, y en qué medida, a las demás, obteniéndose la denominada “Matriz de dominación” T_{ij}. Cada uno de los valores de dicha matriz se obtiene mediante la suma de las diferencias entre las valoraciones correspondientes a aquellos criterios en los que la alternativa i domina a la alternativa j, considerando el peso de cada criterio. Su formulación es, por lo tanto:

$$T_{ij} = \sum_{k=1, k \in D}^N w_k |V_k(i) - V_k(j)| = \sum_{k=1, k \in D}^N w_k d_k(i, j)$$

$$i, j = 1, 2, \dots, M$$

$$k = 1, 2, \dots, N$$

$$D = d_k(i, j) > 0 \text{ si } k \text{ es un criterio para maximizar; } < 0 \text{ si es para minimizar}$$

La interpretación de la matriz puede traducirse en que, por un lado, cada valor ij representa la dominación de la alternativa i con respecto a la j. Por lo tanto, los valores de la fila i representan la dominación de la alternativa i con respecto al resto de



alternativas, al mismo tiempo que los valores de la columna j representa hasta qué punto la alternativa j es dominada por todas las demás.

En base a esta interpretación, es de especial importancia la obtención de los índices de dominación D_i y de debilidad d_i , con los que finalmente obtener el índice PRES I_i a utilizar como criterio principal de valoración de alternativas, y con el que decidir cuál de ellas es la mejor de las planteadas en base a los diferentes criterios considerados.

$$D_i = \sum_{j=1}^M T_{ij} \quad d_i = \sum_{i=1}^M T_{ij}$$
$$I_i = \frac{D_i}{d_i} = \text{Índice PRES}$$

5.8. Criterios de valoración

5.8.1. Definición de los criterios

Para la comparación de las diferentes alternativas planteadas en el estudio de soluciones se ha definido, tal y como se describe anteriormente para la metodología empleada en el presente Trabajo, una serie de criterios de valoración que permitirán conocer cuál de las alternativas es la que, en mayor medida, satisface las necesidades del propio proyecto. Se han definido como tales:

- Criterio C1 – Capacidad: Definida como el nivel de servicio general con el que puede definirse cada uno de los enlaces en su conjunto. Para su valoración, se llevará a cabo un juicio de valor basado en las conclusiones que han podido extraerse del estudio de tráfico expuesto en el apartado 5.4 de este mismo documento.
- Criterio C2 – Valoración económica: Definida como el coste directo estimado de las partidas más importantes presentes en el proyecto, obtenidas todas ellas de los modelos simplificados realizados para el presente estudio de soluciones.
- Criterio C3 – Impacto ambiental por emisiones: Considerando al respecto las emisiones por vehículo de dióxido de carbono, nitratos NOx y partículas PM10,



ponderadas con respecto a los factores de normalización a unidades monetarias que pudieran utilizarse en un análisis coste/beneficio.

- Criterio C4 – Impacto ambiental por movimiento de tierras: Definido como las afecciones generadas por los volúmenes a gestionar en la construcción de la solución. De ese modo, se tienen en cuenta tanto las afecciones sobre el propio recurso natural, así como las emisiones y consumos energéticos generados por el transporte del material. Al respecto, se consideran las excavaciones en desmonte, la disposición de los terraplenes, la excavación y transporte del material de cantera para terraplén en casos de balance neto negativo y el transporte del material excavado de desmonte a otra ubicación en casos de balance neto positivo.
- Criterio C5 – Reordenamiento del tráfico: Definido como el grado con el que la solución analizada consigue organizar el tráfico del enlace, facilitando las maniobras y simplificando los movimientos. Para su valoración, se llevará a cabo un juicio de valor basado en las conclusiones que han podido extraerse del planteamiento de alternativas expuesto en el apartado 5.3 de este mismo documento.
- Criterio C6 – Ampliabilidad: Definida como la viabilidad que la solución planteada muestra para ser aumentada su capacidad una vez agotada la misma. Para su valoración, se llevará a cabo un juicio de valor basado en el análisis de la geometría de cada una de las soluciones.

5.8.2. Ponderación subjetiva

Tal y como propone el método AHP, se ha llevado a cabo la valoración de la importancia o peso de cada uno de los criterios considerados mediante comparaciones dos a dos entre ellos.

De ese modo, las consideraciones tomadas para ello, así como el valor de ponderación correspondiente según la escala de Saaty que permitirán construir la matriz de valoración cuyos valores propios constituirán los pesos de cada criterio para el presente estudio de soluciones, son:



Criterio	Con respecto a	Importancia	Valor
C1	C2	Entre igual y moderada	2
	C3	Grande	5
	C4	Muy grande	7
	C5	Muy grande	7
	C6	Extrema	9
C2	C3	Entre moderada y grande	4
	C4	Entre grande y muy grande	6
	C5	Muy grande	7
	C6	Entre muy grande y extrema	8
C3	C4	Entre igual y moderada	2
	C5	Moderada	3
	C6	Entre moderada y grande	4
C4	C5	Entre igual y moderada	2
	C6	Moderada	3
C5	C6	Entre igual y moderada	2

Tabla 62. Ponderación subjetiva de alternativas según escala de Saaty

5.8.3. Resultados AHP. Consistencia y valores propios

Una vez definida la matriz principal de valoraciones dos a dos de cada alternativa, se ha comprobado la consistencia de las consideraciones tomadas en el apartado anterior, de manera que las valoraciones sean coherentes entre sí.



Al haberse considerado un total de seis criterios de valoración, el índice de consistencia, tal y como se define en el apartado 5.7.2, no debe superar el 10%. Sin embargo, una vez llevado a cabo el procedimiento de cálculo anteriormente descrito y desarrollado en el **Anejo 3**, la ratio de consistencia (CR) obtenido es de un 3,06%, por lo que se demuestra la consistencia de las valoraciones subjetivas realizadas.

Los pesos de ponderación a utilizar de cada una de las alternativas se han calculado como los valores propios de la matriz de comparación inicial normalizada. A través de la obtención de dichos valores propios, los pesos obtenidos han sido:

Criterio	Peso
C1 - Capacidad	43.29%
C2 – Valoración económica	31.37%
C3 – Impacto ambiental por emisiones	10.84%
C4 – Impacto ambiental por M.T.	6.80%
C5 – Reordenamiento del tráfico	4.60%
C6 – Ampliabilidad	3.09%

Tabla 63. Pesos de valoración (valores propios)

5.9. Valoración de alternativas

Tal y como se expone a continuación, se ha llevado a cabo la valoración de cada una de las alternativas analizadas, así como de la alternativa 0, en cuanto a los diferentes criterios considerados, teniendo en cuenta para ello la definición de los mismos (apartado 5.8.1), las mediciones obtenidas de cada alternativa (apartado 5.6), y los juicios de valor que deban desarrollarse para los criterios que se pretenden evaluar sin disponer de datos precisos para ello.



5.9.1. Valoración según el impacto ambiental por emisiones

En la evaluación de las emisiones del tráfico generadas por cada alternativa se han definido, por un lado, las ratios de emisiones por vehículo y kilómetro de CO₂, NO_x y PM₁₀, así como el hipotético coste económico que presenta cada tonelada emitida de cada uno de los tres componentes, tal y como se muestra en la Tabla 1.

	Emisiones (g/vh/km)	Importancia (€/tn)
CO ₂	175	70
Nox	0.58	4000
PM ₁₀	0.043	130000

Tabla 64. Ratios para la cuantificación de emisiones

Dichas ratios se han aplicado sobre los metros lineales totales de cada alternativa, habiéndose obtenido para la infraestructura presente en la actualidad (ALT0), un total de 10 km de obra lineal, considerando por partida doble las plataformas que dan servicio a dos sentidos de circulación. Mediante dicho procedimiento se han obtenido los resultados de coste monetario por emisiones, normalizado tal y como se ha mencionado, mediante su relación con el máximo coste de entre los obtenidos. Se exponen en la Tabla 65.

	Coste emisiones (€/vh)			Coste total (€)	Coste normaliz.
	CO ₂	Nox	PM ₁₀		
ALT5	107310	20323.2	48968.4	176601.6	0.88
ALT7	92989.75	17611.12	42433.69	153034.56	0.76
ALT8	100548	19042.56	45882.72	165473.28	0.82
ALT0	122500	23200	55900	201600	1.00

Tabla 65. Valoración de alternativas según su impacto por emisiones



5.9.2. Valoración según el impacto ambiental por movimiento de tierras

El impacto ambiental que cada alternativa pueda generar en función del movimiento de tierras que requiere su construcción se ha calculado a través de los metros cúbicos cuantificados al respecto y teniendo en cuenta las actividades de excavación o transporte que requiere cada uno de dichos volúmenes. Al respecto, se cuantifican:

- Una vez los volúmenes de excavación en desmonte, debido a su excavación.
- Una vez los volúmenes de terraplén, debido a su colocación.
- Dos veces la diferencia entre ambos en caso de que los volúmenes de terraplén superen los de desmonte, considerando así la excavación de dicho volumen en cantera y el transporte desde cantera a obra.
- Una vez la diferencia entre ambos en caso de que los volúmenes de desmonte superen a los de terraplén, considerando así el transporte de ese volumen sobrante a otra obra, cantera o vertedero.

Mediante dicho procedimiento se han obtenido los resultados de coste monetario por movimiento de tierras, normalizado tal y como se ha mencionado, mediante su relación con el máximo coste de entre los obtenidos. Se exponen en la Tabla 66.

	Mediciones totales (m ³)			Coste total (m ³)	Coste normaliz.
	Desmonte	Terraplén	Neto		
ALT5	143254.728	277587.91	-134333.18	689509.002	1.00
ALT7	217480.759	128693.656	88787.103	434961.518	0.63
ALT8	311979.516	161031.821	150947.695	623959.032	0.90
ALT0	0	0	0	0	0.00

Tabla 66. Valoración de alternativas según su impacto por movimiento de tierras



5.9.3. Valoración según la valoración económica

Mediante las mediciones obtenidas en los modelos simplificados de cada alternativa, que engloban movimiento de tierras y materiales necesarios para la construcción de las estructuras, se ha podido realizar una estimación de los costes directos de las partidas más importantes que van a parecer en cada proyecto.

Para ello, se han tenido en cuenta unos precios estimativos de cada una de las unidades a valorar, los cuales se reflejan a continuación:

- Hormigón: 100 €/m³ de media, tanto para prefabricado como in situ.
- Acero para armar: 1€/kg sobre las cuantías de 80 kg por m³ de hormigón.
- Mezcla bituminosa: 27 €/tn con una densidad de 2,5 tn/m³.
- Excavación en desmonte: 2 €/m³.
- Material de terraplén: 4,5 €/m³.

Mediante dicho procedimiento se han obtenido los resultados de la valoración económica de las partidas principales de cada alternativa, normalizado tal y como se ha mencionado, mediante su relación con el máximo coste de entre los obtenidos. Se exponen en la Tabla 67.

	Mediciones totales					Coste total (€)	Coste normaliz.
	Desmonte (m3)	Terraplén (m3)	Hormigón (m3)	Acero (kg)	MB (m3)		
ALT5	143254	277587	21131	1690553	13612	6258213.51	1.00
ALT7	217480	128693	13117	1049371	13245	4269208.42	0.68
ALT8	311979	161031	20838	1667074	15593	6152048.70	0.98
ALT0	0	0	0	0	0	0.00	0.00

Tabla 67. Valoración de alternativas según su valoración económica



5.9.4. Valoración según la capacidad

En base a lo que ha podido observarse tanto en el planteamiento de las alternativas como en el estudio de capacidad y niveles de servicio de cada una de ellas, se ha procedido con la valoración de cada alternativa en cuanto a la satisfacción de las necesidades del proyecto en materia de capacidad.

Para llevar a cabo dicha valoración, y teniendo en cuenta que no se disponen de datos concretos que evalúen globalmente las alternativas de manera homogénea y de manera que permita su normalización, se ha procedido a utilizar el método AHP para la valoración, evaluando cada alternativa con el resto, a pares, tal y como se ha realizado para la ponderación de criterios.

Al respecto, se han desarrollado las siguientes evaluaciones sobre la escala de Saaty de cada una de las alternativas:

Alternativa	Con respecto a	Valor
ALT 5	ALT 7	2
	ALT 8	1,5
	ALT 0	9
ALT 7	ALT 8	1/1,5
	ALT 0	8
ALT 8	ALT 0	8,5

Tabla 68. Valoración Saaty de alternativas según capacidad

Una vez comprobada la consistencia de dicha valoración subjetiva llevada a cabo, se han obtenido los valores propios de la matriz resultante, los cuales se han normalizado con respecto al valor propio más alto. Los resultados de dicho proceso de evaluación de las alternativas se muestran a continuación:



	Valor propio	Valor normalizado
ALT5	41.8%	1.00
ALT7	23.4%	0.56
ALT8	31.1%	0.74
ALT0	3.7%	0.09

Tabla 69. Valoración de alternativas según su capacidad

5.9.5. Valoración según el reordenamiento del tráfico

En base a las conclusiones que se pudieron obtener del proceso de planteamiento de alternativas, se ha procedido con la valoración de cada una de ellas en cuanto a la satisfacción de las necesidades del proyecto en materia de simplificación y reordenamiento de los flujos de tráfico.

Para llevar a cabo dicha valoración, y teniendo en cuenta que no se disponen de datos concretos que evalúen globalmente las alternativas de manera homogénea y de manera que permita su normalización, se ha procedido a utilizar el método AHP para la valoración, evaluando cada alternativa con el resto, a pares, tal y como se ha realizado para la ponderación de criterios.

Al respecto, se han desarrollado las siguientes evaluaciones sobre la escala de Saaty de cada una de las alternativas:

Alternativa	Con respecto a	Valor
ALT 5	ALT 7	1/7
	ALT 8	1/4
	ALT 0	2



ALT 7	ALT 8	5
	ALT 0	8
ALT 8	ALT 0	4

Tabla 70. Valoración Saaty de alternativas según reordenamiento

Una vez comprobada la consistencia de dicha valoración subjetiva llevada a cabo, se han obtenido los valores propios de la matriz resultante, los cuales se han normalizado con respecto al valor propio más alto. Los resultados de dicho proceso de evaluación de las alternativas se muestran a continuación:

	Valor propio	Valor normalizado
ALT5	8.1%	0.12
ALT7	65.2%	1.00
ALT8	21.2%	0.33
ALT0	5.5%	0.08

Tabla 71. Valoración de alternativas según el reordenamiento del tráfico

5.9.6. Valoración según la ampliabilidad

Mediante el estudio de la geometría de cada una de las soluciones, en relación a la manera en la que los ejes viales de cada una de ellas se distribuyen en torno al espacio disponible y su interacción con los ejes ferroviarios, se ha procedido con la valoración de cada una de ellas en cuanto a la satisfacción de las necesidades del proyecto en materia de ampliabilidad en escenarios futuros.

Para llevar a cabo dicha valoración, y teniendo en cuenta que no se disponen de datos concretos que evalúen globalmente las alternativas de manera homogénea y de manera que permita su normalización, se ha procedido a utilizar el método AHP para la



valoración, evaluando cada alternativa con el resto, a pares, tal y como se ha realizado para la ponderación de criterios.

Al respecto, se han desarrollado las siguientes evaluaciones sobre la escala de Saaty de cada una de las alternativas:

Alternativa	Con respecto a	Valor
ALT 5	ALT 7	1/5
	ALT 8	1/2
	ALT 0	4
ALT 7	ALT 8	3
	ALT 0	8
ALT 8	ALT 0	7

Tabla 72. Valoración Saaty de alternativas según ampliabilidad

Una vez comprobada la consistencia de dicha valoración subjetiva llevada a cabo, se han obtenido los valores propios de la matriz resultante, los cuales se han normalizado con respecto al valor propio más alto. Los resultados de dicho proceso de evaluación de las alternativas se muestran a continuación:

	Valor propio	Valor normalizado
ALT5	13.5%	0.24
ALT7	57.1%	1.00
ALT8	24.9%	0.44
ALT0	4.5%	0.08

Tabla 73. Valoración de alternativas según su ampliabilidad



5.9.7. Resumen. Matriz de valoración normalizada

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
ALT5	1.00	1.00	0.88	1.00	0.12	0.24
ALT7	0.56	0.68	0.76	0.63	1.00	1.00
ALT8	0.74	0.98	0.82	0.90	0.33	0.44
ALT0	0.09	0.00	1.00	0.00	0.08	0.08

Tabla 74. Matriz de valoración normalizada

5.10. Evaluación multicriterio. Obtención del índice PRES

Una vez obtenidas las valoraciones o evaluaciones normalizadas de cada una de las alternativas en base a los distintos criterios considerados, se ha procedido con la obtención de las matrices de dominación de cada alternativa con respecto a las demás, tal y como se expone en el apartado 5.7.3.

En base a dichas matrices de dominación, expuestas todas ellas en el Anejo 3, es posible construir la matriz global de dominación, la cual se expone traspuesta en la Tabla 75, mostrando en qué medida la alternativa ALT_j domina sobre la alternativa ALT_i .

	ALT 5	ALT 7	ALT 8	ALT 0
ALT5	0.00	0.20	0.03	0.38
ALT7	0.19	0.00	0.08	0.26
ALT8	0.11	0.17	0.00	0.37
ALT0	0.41	0.30	0.33	0.00

Tabla 75. Matriz global de dominación



Finalmente, es posible calcular los índices de dominación y debilidad de cada una de las alternativas analizadas, cuyo cociente determina el índice PRES que define cuál de las alternativas planteadas satisface en mayor medida las necesidades del proyecto.

	I. Dominación	I. Debilidad	ÍNDICE PRES
ALT5	0.72	0.62	1.16
ALT7	0.67	0.53	1.28 Mejor solución
ALT8	0.44	0.65	0.68
ALT0	1.01	1.04	0.97

Tabla 76. Cálculo del índice PRES



6. SOLUCIÓN FINAL ADOPTADA

6.1. Descripción

En base a estudio de soluciones llevado a cabo ha podido definirse la alternativa ALT7 como la que, según los criterios planteados para el presente Trabajo, en mayor medida satisface las necesidades del mismo.

Por ello, finalmente se ha optado por realizar el diseño a nivel de detalle del enlace descrito en 5.3.7, el cual permite canalizar y simplificar en gran medida los flujos de tráfico mediante la implantación de una glorieta a distinto nivel en una cota inferior al resto de alineaciones.

Tal y como se concluye en 5.4.5, el cálculo de los niveles de servicio muestra cómo la glorieta del enlace descrito para dicha alternativa debe disponer de tres carriles para que, en hora punta, no disponga ningún ramal de acceso con un nivel de servicio F. Por ello, en la solución finalmente adoptada se ha decidido reducir la demanda a la que la glorieta debe dar servicio mediante la implantación de un nuevo ramal con origen en la V-23 (València) y dirección Sagunto, aprovechando el ya existente para ello.

València – Puerto	Divergencia, ramal de incorporación a glorieta (1 cuadrante), ramal de salida y convergencia con vial Teruel – Puerto
València – Sagunto	Divergencia, salida a derechas e incorporación a la N-340
València – Teruel	Divergencia y vial directo de alta capacidad
València – València	Divergencia, ramal de incorporación a glorieta (4 cuadrantes) ramal de salida de alta capacidad
Puerto – Sagunto	Divergencia, ramal de incorporación a glorieta (1 cuadrante), y ramal de salida de alta capacidad
Puerto – Teruel	Divergencia y vial directo



Puerto – València	Divergencia, ramal de incorporación a glorieta (3 cuadrantes) y ramal de salida de alta capacidad
Puerto – Puerto	Divergencia, ramal de incorporación a glorieta (4 cuadrantes), ramal de salida y convergencia con vial Teruel – Puerto
Sagunto – Teruel	Ramal de incorporación de alta capacidad a glorieta (1 cuadrante), ramal de salida e incorporación a vial València – Teruel
Sagunto – València	Ramal de incorporación de alta capacidad a glorieta (2 cuadrantes) y ramal de salida de alta capacidad
Sagunto – Puerto	Ramal de incorporación de alta capacidad a glorieta (3 cuadrantes), ramal de salida y convergencia con vial Puerto – Teruel
Sagunto – Sagunto	Ramal de incorporación de alta capacidad a glorieta (4 cuadrantes) y ramal de salida de alta capacidad
Teruel – València	Divergencia y vial directo de alta capacidad
Teruel – Puerto	Divergencia y vial directo
Teruel – Sagunto	Salida a derechas, ramal de incorporación a glorieta (2 cuadrantes) y ramal de salida de alta capacidad
Teruel – Teruel	Salida a derechas, ramal de incorporación a glorieta (3 cuadrantes), ramal de salida e incorporación a vial València – Teruel

Tabla 77. Movimientos Solución Final



6.2. Niveles de servicio

Tal y como se ha llevado a cabo para las tres alternativas analizadas de las planteadas en el estudio de soluciones, se ha realizado un cálculo de los niveles de servicio (L.O.S.) de cada uno de los elementos que conforman la solución finalmente adoptada para el enlace objeto de estudio. Para el presente apartado y en adelante, se ha planteado una nomenclatura de los diferentes ramales que conforman el enlace mediante la estructura $ABX_{C/D}$. En dicha nomenclatura se describe:

- A como N, S, E o W según sea el punto cardinal de origen del ramal, o G si es un ramal de salida de la glorieta.
- B como N, S, E o W según sea el punto cardinal de destino del ramal, o G si es un ramal de entrada a la glorieta.
- X como un número que define el tramo analizado en el caso de que el ramal nombrado tenga diferentes tramos con demandas claramente diferenciadas.
- C/D como un subíndice que indica si el ramal nombrado se analiza en sentido creciente o decreciente, en el caso de que dicho ramal sea de doble sentido.

Por lo tanto, y mediante la metodología descrita en 5.4.1 y 5.4.3, se ha llevado a cabo el cálculo de los niveles de servicio de la glorieta, de sus accesos, y de todos los ramales del enlace calculados como tramos básicos.

6.2.1. Niveles de servicio de la glorieta

En este caso, tan solo se ha realizado el cálculo para la glorieta con corona circular de dos carriles, ya que dicho cálculo muestra la posibilidad de disponer la glorieta sin tres carriles tal y como requería la solución descrita en el estudio de soluciones. Mediante dicha reducción de la demanda de la glorieta se ha logrado eliminar los diferentes problemas que, en materia de seguridad vial, podían aparecer en una glorieta de tres carriles en su corona circular, algo claramente desaconsejados en la Instrucción de Trazado.

Tal y como ya se hizo en las alternativas del estudio de soluciones, se han planteados dos opciones teóricas de dicho. La Opción 1 dispone de todos los accesos de entrada y salida a la glorieta con un solo carril, mientras que la Opción 2 lo hace con



accesos de 2 carriles. Además, también se han llevado a cabo dichos cálculos para dos situaciones de demanda: con intensidad en hora punta y con intensidad horaria media. Cabe recordar que, a pesar de deber proyectar la evolución de los niveles de tráfico actual al año de puesta en servicio de la infraestructura, en este caso se ha decidido utilizar como situación en hora punta los datos registrados durante la hora punta del día en la que se llevó a cabo el aforo, y para la intensidad media, la intensidad horaria media de dicho día. La razón principal reside en el hecho de que dichos valores utilizados son más restrictivos que la mera proyección de la evolución de la IMD de los últimos años, pues describen demandas diarias considerablemente inferiores a las que se obtuvieron en el día del aforo. De ese modo el cálculo se sitúa, por lo tanto, del lado de la seguridad.

		Entrada	Salida
Acceso	Sur	B	C
	Este	A	B
	Norte	D	A
	Oeste	B	B

Tabla 78. L.O.S de los accesos de la Opción 1 con intensidad horaria media

		Entrada		Salida	
		Carril Izq.	Carril Der.	Carril Izq.	Carril Der.
Acceso	Sur	A	A	B	A
	Este	A	A	A	A
	Norte	B	B	A	A
	Oeste	A	A	A	A

Tabla 79. L.O.S de los accesos de la Opción 2 con intensidad horaria media



		Entrada	Salida
Acceso	Sur	F	F
	Este	D	F
	Norte	F	C
	Oeste	E	F

Tabla 80. L.O.S de los accesos de la Opción 1 con intensidad de hora punta

		Entrada		Salida	
		Carril Izq.	Carril Der.	Carril Izq.	Carril Der.
Acceso	Sur	C	C	E	D
	Este	B	A	C	C
	Norte	E	E	B	A
	Oeste	D	C	E	D

Tabla 81. L.O.S de los accesos de la Opción 2 con intensidad de hora punta

Del mismo modo que se realizó para el resto de las alternativas, debe llevarse a cabo la interpretación de los resultados teóricos obtenidos anteriormente. Para ello, debe considerarse que, evidentemente, se debe tratar en todo caso de disponer el mínimo número de carriles posible. Por ello, tan sólo se dispondrán dos carriles en los casos en los que, ya sea en la situación con intensidad media o en hora punta, se observe un nivel de servicio F.

Estos resultados, especialmente los que describen el nivel de servicio en hora punta, muestran la necesidad de disponer los números de carriles por acceso que se muestran en la Tabla 82.



		Entrada	Salida
Acceso	Sur	2 carriles	2 carriles
	Este	1 carril	2 carriles
	Norte	2 carriles	1 carril
	Oeste	1 carril	2 carriles
Calzada anular		2 carriles	

Tabla 82. Disposición definitiva glorieta Solución Final

La disposición de carriles que se plantea como definitiva para la solución final generará, por lo tanto, los niveles de servicio que se muestran a continuación.

En la Tabla 83 se muestran los niveles de servicio de los accesos a la glorieta definida para la solución final, cuya disposición de carriles ha definido con anterioridad, mientras que en la Tabla 84 se muestran los niveles de servicio de los diferentes ramales de acceso a la glorieta para las situaciones con intensidad en hora punta, en cada uno de los accesos a la glorieta.

		Entrada		Salida	
		Carril Izq.	Carril Der.	Carril Izq.	Carril Der.
Acceso	Sur	A	A	B	A
	Este	A		A	A
	Norte	B	B	A	
	Oeste	B		A	A

Tabla 83. L.O.S. de los accesos a la glorieta de la Solución Final con intensidad media



		Entrada		Salida	
		Carril Izq.	Carril Der.	Carril Izq.	Carril Der.
Acceso	Sur	C	C	E	D
	Este	D		C	C
	Norte	E	E	C	
	Oeste	E		E	D

Tabla 84. L.O.S. de los accesos de la Solución Final con intensidad de hora punta

6.2.2. Niveles de servicio de los ramales

Se muestran a continuación los resultados del proceso iterativo llevado a cabo para el cálculo de la capacidad y nivel de servicio de cada uno de los ramales dispuestos en la solución final adoptada para el enlace objeto de estudio.

En dicho proceso, se han planteado en primer lugar los casos en los que el número de carriles por ramal viene fijado por el uso de la infraestructura presente actualmente, como la N-340, la V-23 y la A-23.

Del mismo modo, se han planteado los casos en los que el número de carriles viene fijado por los resultados mostrados en la Tabla 82, los cuales hacen referencia a los diferentes accesos definidos para la glorieta que se ha decidido diseñar para la solución finalmente adoptada.

Finalmente, se ha realizado el cálculo de los ramales o tramos de ramales restantes cuyo número de carriles no viene fijado ni predefinido por ninguna circunstancia más allá de sus propios resultados de capacidad como tramos básicos de obra lineal. En dicho cálculo, y como se ha realizado para la totalidad de los elementos del enlace, se ha tratado de disponer el menor número de carriles como sea posible, aumentando el mismo en los casos en los que el nivel de servicio no sea satisfactorio.



Tanto para los ramales cuyo número de carriles está predefinido como los anteriormente descritos, se ha llevado a cabo el cálculo de los niveles de servicio en función de la metodología descrita en 5.4.3. En los casos en los que el número de carriles viene predefinido por los cálculos realizados para los accesos a la glorieta, estos resultados se han considerado como un número mínimo de carriles necesarios, por lo que los cálculos como tramos básicos podrían mostrar soluciones más restrictivas.

De ese modo, se muestran a continuación, en la Figura 44, el resumen de los resultados obtenidos para la totalidad de los tramos analizados.

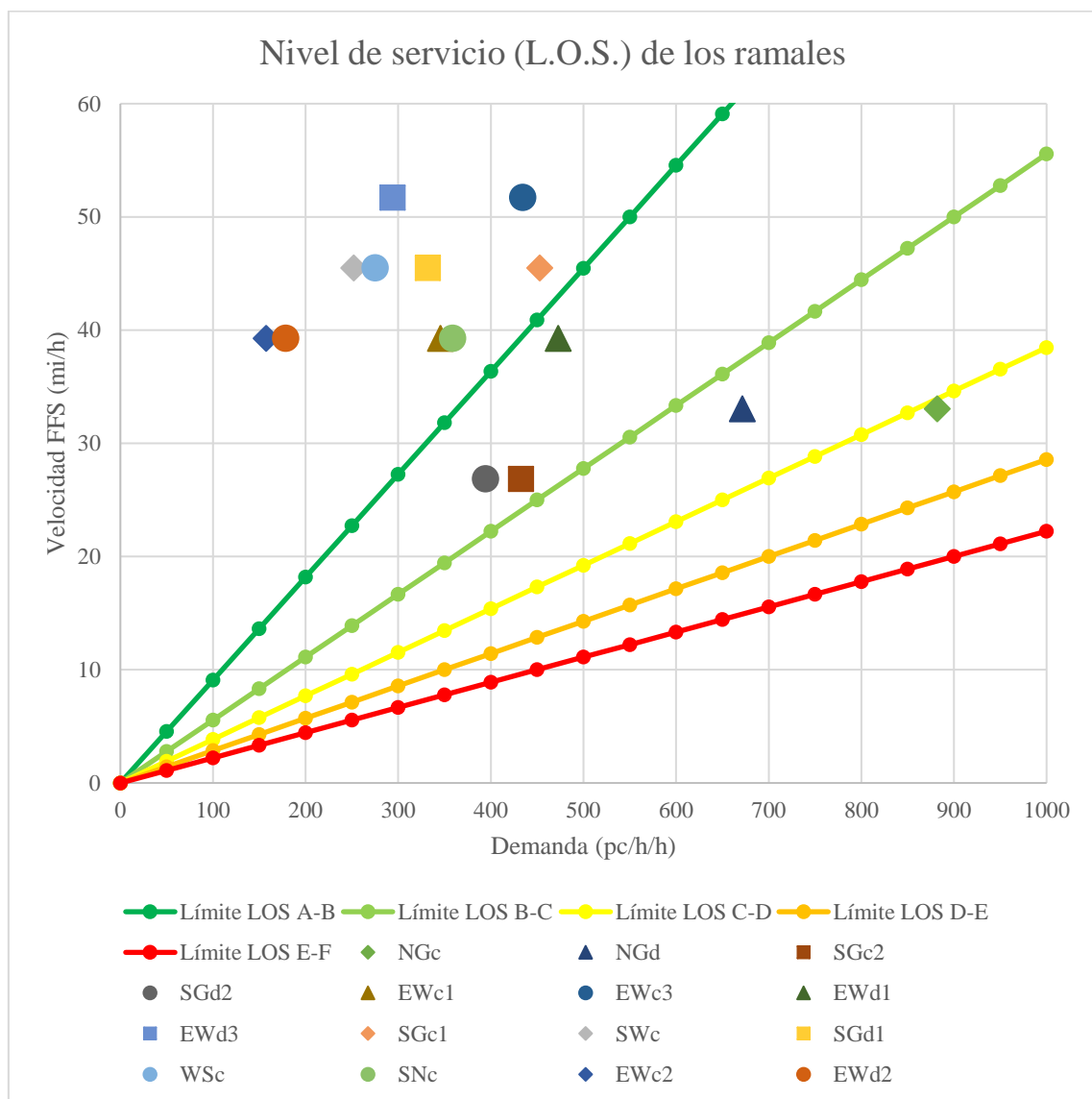


Figura 44. Niveles de servicio de ramales como tramos básicos



La disposición de carriles que ha proporcionado los resultados anteriormente mostrados y que describen, de manera definitiva, el diseño final de cada uno de los ramales, son:

Ramal	NGc	NGd	SGc2	SGd2	EWc1	EWc2	EWc3	
Nº carriles	1	1	2	2	2	1	2	
Ramal	EWd1	EWd2	EWd3	SGc1	SWc	SGd1	WSc	SNc
Nº Carriles	2	1	3	3	2	4	2	1

Tabla 85. Disposición definitiva de ramales

6.3. Diseño en planta y Estados de alineaciones

En base a las disposiciones de ramales planteadas para la solución finalmente adoptada, se ha llevado a cabo el diseño geométrico preciso mediante el software AutoCAD Civil 3D, de la casa Autodesk.

En cuanto al diseño en planta de cada uno de los ramales, se han tenido en cuenta los diferentes criterios a cumplir, cuyas restricciones se detallan en la Instrucción de Trazado:

- Longitudes mínimas y máximas de alineaciones rectas
- Coordinación entre curvas sucesivas
- Parámetros máximos y mínimos de las clotoides

A dichas restricciones se le debe sumar la necesidad de adaptar, en la medida de lo posible, el trazado en planta de cada alineación tanto al terreno existente como en la manera en la que cada ramal está dispuesto en relación al resto de la infraestructura, facilitando las incorporaciones, divergencias, convergencias, o accesos a la glorieta. De ese modo, se debe tratar de reducir en la medida de lo posible las dimensiones de las estructuras necesarias, así como de los materiales y movimientos de tierras a llevar a cabo en la construcción.



El resultado de aplicar la consideración de dichas restricciones al diseño definitivo de los diferentes ramales se traduce en los Estados de alineaciones que se muestran en las siguientes tablas.

RAMAL EW						
Elemento	Tipo	P.K. inicial	P.K. final	Longitud	Radio	A
1	Recta	0+000.00m	0+635.74m	635.740m		
2	Clotoide	0+635.74m	0+708.88m	73.143m		160.000m
3	Curva circular	0+708.88m	0+744.53m	35.641m	350.000m	
4	Clotoide	0+744.53m	0+817.67m	73.143m		160.000m
5	Recta	0+817.67m	1+094.25m	276.577m		
6	Curva circular	1+094.25m	1+146.42m	52.176m	350.000m	
7	Recta	1+146.42m	1+439.19m	292.770m		
8	Clotoide	1+439.19m	1+515.25m	76.056m		185.000m
9	Curva circular	1+515.25m	1+612.00m	96.752m	450.000m	
10	Clotoide	1+612.00m	1+688.05m	76.056m		185.000m
11	Recta	1+688.05m	1+698.06m	10.006m		

Tabla 86. Estado de alineaciones Ramal EW

RAMAL NG						
Elemento	Tipo	P.K. inicial	P.K. final	Longitud	Radio	A
1	Recta	0+000.00m	0+305.06m	305.057m		



2	Clotoide	0+305.06m	0+360.06m	55.000m		86.168m
3	Curva circular	0+360.06m	0+490.75m	130.690m	135.000m	
4	Clotoide	0+490.75m	0+545.75m	55.000m		86.168m
5	Recta	0+545.75m	0+559.08m	13.331m		

Tabla 87. Estado de alineaciones Ramal NG

RAMAL EG						
Elemento	Tipo	P.K. inicial	P.K. final	Longitud	Radio	A
1	Recta	0+000.00m	0+146.11m	146.108m		

Tabla 88. Estado de alineaciones Ramal EG

RAMAL WG						
Elemento	Tipo	P.K. inicial	P.K. final	Longitud	Radio	A
1	Recta	0+000.00m	0+180.44m	180.442m		
2	Clotoide	0+180.44m	0+253.58m	73.143m		160.000m
3	Curva circular	0+253.58m	0+268.45m	14.870m	350.000m	
4	Clotoide	0+268.45m	0+341.60m	73.143m		160.000m
5	Recta	0+341.60m	0+713.82m	372.225m		
6	Clotoide	0+713.82m	0+782.60m	68.774m		135.000m
7	Curva circular	0+782.60m	0+941.62m	159.022m	265.000m	
8	Clotoide	0+941.62m	1+010.39m	68.774m		135.000m



9	Recta	1+010.39m	1+046.98m	36.587m		
---	-------	-----------	-----------	---------	--	--

Tabla 89. Estado de alineaciones Ramal WG

RAMAL GW						
Elemento	Tipo	P.K. inicial	P.K. final	Longitud	Radio	A
1	Recta	0+000.00m	0+242.56m	242.561m		

Tabla 90. Estado de alineaciones Ramal GW

RAMAL SN						
Elemento	Tipo	P.K. inicial	P.K. final	Longitud	Radio	A
1	Recta	0+000.00m	0+178.37m	178.372m		
2	Clotoide	0+178.37m	0+251.52m	73.143m		160.000m
3	Curva circular	0+251.52m	0+288.98m	37.469m	350.000m	
4	Clotoide	0+288.98m	0+362.13m	73.143m		160.000m
5	Recta	0+362.13m	0+652.24m	290.112m		

Tabla 91. Estado de alineaciones Ramal SN

RAMAL SG						
Elemento	Tipo	P.K. inicial	P.K. final	Longitud	Radio	A
1	Recta	0+000.00m	0+315.97m	315.965m		
2	Clotoide	0+315.97m	0+368.60m	52.632m		100.000m
3	Curva circular	0+368.60m	0+522.12m	153.524m	190.000m	



4	Clotoide	0+522.12m	0+574.75m	52.632m		100.000m
5	Recta	0+574.75m	0+716.52m	141.766m		
6	Clotoide	0+716.52m	0+766.23m	49.706m		65.000m
7	Curva circular	0+766.23m	0+773.24m	7.013m	85.000m	
8	Clotoide	0+773.24m	0+822.94m	49.706m		65.000m
9	Recta	0+822.94m	0+823.00m	0.058m		

Tabla 92. Estado de alineaciones Ramal SG

RAMAL SW						
Elemento	Tipo	P.K. inicial	P.K. final	Longitud	Radio	A
1	Recta	0+000.00m	0+016.14m	16.135m		
2	Clotoide	0+016.14m	0+089.28m	73.143m		160.000m
3	Curva circular	0+089.28m	0+503.63m	414.354m	350.000m	
4	Clotoide	0+503.63m	0+576.78m	73.143m		160.000m
5	Recta	0+576.78m	0+880.14m	303.369m		

Tabla 93. Estado de alineaciones Ramal SW

RAMAL WG						
Elemento	Tipo	P.K. inicial	P.K. final	Longitud	Radio	A
1	Recta	0+000.00m	0+277.04m	277.039m		

Tabla 94. Estado de alineaciones Ramal WG



GLORIETA						
Elemento	Tipo	P.K. inicial	P.K. final	Longitud	Radio	A
1	Curva circular	0+000.00m	0+534.07m	534.071m	85.000m	

Tabla 95. Estado de alineaciones Glorieta

6.4. Diseño en alzado y Estado de rasantes

Una vez planteado el diseño en planta de cada uno de los ramales que definen la solución definitiva del enlace objeto de estudio, se ha llevado a cabo el diseño en alzado de la rasante de dichos enlaces.

Para realizar dicho diseño en alzado se han tenido en cuenta las consideraciones que al respecto hace la Instrucción de Trazado:

- Inclinationes máxima y mínima de las rasantes
- Parámetro mínimo de los acuerdos verticales
- Longitud mínima de los acuerdos verticales
- Coordinación planta-alzado

En cuanto a estas restricciones, cabe mencionar que se ha tratado, en todo momento, de evitar la aparición de pendientes definidas como excepcionales en la propia Instrucción.

Así mismo, en lo relativo a la geometría de los acuerdos verticales, se ha respetado en todo caso los parámetros mínimos que se indican para acuerdos cóncavos y convexos según la velocidad de proyecto de cada ramal.

Además, también se ha tenido en cuenta la restricción que indica la necesidad de disponer en todo caso acuerdos verticales de longitudes, en metros, superiores a la velocidad de proyecto del propio ramal, en km/h.



Por último, se ha llevado a cabo el proceso iterativo que permite solventar la coordinación entre el diseño en planta realizado y el diseño en alzado que se aborda. Para ello, en los casos en los que se disponga un acuerdo vertical sobre una curva, cabe tener en cuenta la necesidad de disponer los puntos inicial y final de dicho acuerdo dentro de la propia curva, tratando de centrar en lo posible, además, el vértice del propio acuerdo en el centro de la curva circular.

El resultado de aplicar la consideración de dichas restricciones al diseño definitivo de los diferentes ramales se traduce en los Estados de alineaciones que se muestran en las siguientes tablas.

GLORIETA							
Vértice	Tipo	P.K.	Cota	Pend. entr.	Pend. sal.	Kv	Long.
1	P. Inicial	0+000.00m	20.000m		0.00%	2300.000m	101.137m
2	P. Final	0+534.07m	20.000m	0.00%			

Tabla 96. Estado de rasantes Glorieta

RAMAL NG							
Vértice	Tipo	P.K.	Cota	Pend. entr.	Pend. sal.	Kv	Long.
1		0+000.00m	31.247m		-0.51%		
2	Convexo	0+167.50m	30.388m	-0.51%	-4.91%	2300.000m	101.137m
3	Cóncavo	0+429.48m	17.525m	-4.91%	1.91%	3000.000m	204.581m
4		0+559.08m	20.000m	1.91%			

Tabla 97. Estado de rasantes Ramal NG



RAMAL SG							
Vértice	Tipo	P.K.	Cota	Pend. entr.	Pend. sal.	Kv	Long.
1		0+000.00m	20.702m		0.68%		
2	Cóncavo	0+392.83m	23.365m	0.68%	2.91%	5000.000m	111.671m
3	Convexo	0+528.29m	27.309m	2.91%	-3.45%	1400.000m	89.126m
4	Cóncavo	0+769.65m	18.970m	-3.45%	1.93%	1160.000m	62.460m
5		0+823.00m	20.000m	1.93%			

Tabla 98. Estado de rasantes Ramal SG

RAMAL EW							
Vértice	Tipo	P.K.	Cota	Pend. entr.	Pend. sal.	Kv	Long.
1		0+000.00m	27.800m		-0.51%		
2	Convexo	0+132.89m	27.117m	-0.51%	-4.61%	1400.000m	57.362m
3	Cóncavo	0+420.00m	13.879m	-4.61%	5.92%	2300.000m	242.163m
4	Convexo	0+732.04m	32.345m	5.92%	-1.13%	1400.000m	98.625m
5	Cóncavo	1+028.95m	29.000m	-1.13%	1.81%	3800.000m	111.545m
6	Cóncavo	1+305.39m	34.000m	1.81%	5.97%	3800.000m	158.221m
7	Convexo	1+545.49m	48.340m	5.97%	4.33%	480.000m	7.901m
8		1+698.06m	54.940m	4.33%			

Tabla 99. Estado de rasantes Ramal EW



RAMAL SW							
Vértice	Tipo	P.K.	Cota	Pend. entr.	Pend. sal.	Kv	Long.
1		0+000.00m	23.503m		2.16%		
2	Cóncavo	0+048.75m	24.558m	2.16%	4.51%	3000.000m	70.350m
3	Convexo	0+275.03m	34.763m	4.51%	0.36%	2300.000m	95.520m
4	Convexo	0+478.95m	35.491m	0.36%	-2.83%	3200.000m	102.006m
5	Cóncavo	0+743.57m	28.000m	-2.83%	2.12%	3000.000m	148.589m
6		0+891.56m	31.141m	2.12%			

Tabla 100. Estado de rasantes Ramal SW

RAMAL GW							
Vértice	Tipo	P.K.	Cota	Pend. entr.	Pend. sal.	Kv	Long.
1		0+000.00m	20.000m		-1.84%		
2	Cóncavo	0+032.09m	19.410m	-1.84%	5.88%	760.000m	58.658m
3	Convexo	0+183.32m	28.302m	5.88%	2.19%	2300.000m	84.817m
4		0+242.56m	29.601m	2.19%			

Tabla 101. Estado de rasantes Ramal GW

RAMAL WG							
Vértice	Tipo	P.K.	Cota	Pend. entr.	Pend. sal.	Kv	Long.
1		0+000.00m	30.181m		-1.62%		



2	Convexo	0+055.19m	29.285m	-1.62%	-5.41%	2300.000m	87.073m
3	Cóncavo	0+240.00m	19.290m	-5.41%	1.92%	760.000m	55.664m
4		0+277.04m	20.000m	1.92%			

Tabla 102. Estado de rasantes Ramal WG

RAMAL EG							
Vértice	Tipo	P.K.	Cota	Pend. entr.	Pend. sal.	Kv	Long.
1		0+000.00m	20.955m		5.40%		
2	Convexo	0+040.01m	23.115m	5.40%	-4.51%	800.000m	79.273m
3	Cóncavo	0+120.03m	19.506m	-4.51%	1.90%	800.000m	51.253m
4		0+146.11m	20.000m	1.90%			

Tabla 103. Estado de rasantes Ramal EG

RAMAL GE							
Vértice	Tipo	P.K.	Cota	Pend. entr.	Pend. sal.	Kv	Long.
1		0+000.00m	20.000m		-1.83%		
2	Cóncavo	0+021.09m	19.614m	-1.83%	5.24%	596.706m	42.186m
3	Convexo	0+111.15m	24.335m	5.24%	-4.57%	1400.000m	137.414m
4		0+184.94m	20.961m	-4.57%			

Tabla 104. Estado de rasantes Ramal GE



RAMAL WS							
Vértice	Tipo	P.K.	Cota	Pend. entr.	Pend. sal.	Kv	Long.
1		-0+000.00m	35.000m		-2.59%		
2	Cóncavo	0+260.00m	28.271m	-2.59%	-0.34%	5360.000m	120.507m
3	Convexo	0+648.58m	26.949m	-0.34%	-1.65%	8300.000m	108.626m
4	Cóncavo	0+868.20m	23.329m	-1.65%	-0.40%	8200.000m	102.683m
5		1+046.98m	22.620m	-0.40%			

Tabla 105. Estado de rasantes Ramal WS

RAMAL SN							
Vértice	Tipo	P.K.	Cota	Pend. entr.	Pend. sal.	Kv	Long.
1		0+000.00m	24.153m		3.09%		
2	Convexo	0+073.53m	26.424m	3.09%	0.14%	3100.000m	91.428m
3	Convexo	0+407.21m	26.892m	0.14%	-3.43%	2523.878m	90.156m
4	Cóncavo	0+560.23m	21.640m	-3.43%	4.35%	2300.000m	179.076m
5		0+652.24m	25.646m	4.35%			

Tabla 106. Estado de rasantes Ramal SN

6.5. Sobreanchos en curvas

En el diseño de la solución definitiva para el enlace objeto de estudio en el presente Trabajo se ha considerado la necesidad de aumentar el ancho de los carriles en curvas de radio reducido. Dichas curvas son aquellas cuyo radio es inferior a 250 metros, de manera



que el ancho de cada uno de los carriles aumente linealmente, dentro de la clotoide, en una longitud de, al menos, 30 metros.

Según los Estados de alineaciones que se muestran en 6.3, las curvas que requieren de dicha transición de ancho de carril son las que se muestran en la Tabla 107.

Alineación	Curva (Elemento)	Radio
Ramal NG	3	135,000 m
Ramal SG	3	190,000 m
Ramal SG	7	85,000 m

Tabla 107. Curvas que requieren sobreeancho

La expresión que permite el cálculo del ancho total que deberán presentar los carriles en la curva circular es:

$$B = 3,5 + \frac{l^2}{2 \cdot R}$$

Siendo:

B: Ancho total del carril

R: Radio de la curva circular

l: Longitud del vehículo patrón

Utilizando como longitud del vehículo patrón característico la longitud del camión del tren de carretera (10,50 m), que es el vehículo que debe considerarse para la presente infraestructura como vehículo patrón, los sobreeanchos a aplicar sobre los carriles en las respectivas curvas a modificar son:

Alineación	Curva (Elemento)	Radio	Sobreeancho
Ramal NG	3	135,000 m	0,408 m
Ramal SG	3	190,000 m	0,290 m



Ramal SG	7	85,000 m	0,649 m
----------	---	----------	---------

Tabla 108. Sobreanchos requeridos

6.6. Elementos de cambio de trayectoria y velocidad

En la disposición de ramales que se ha diseñado en la solución definitiva objeto de análisis en el presente apartado, aparecen diferentes elementos que tienen la función de proporcionar acceso a los diferentes ramales. Estos son:

- Intersecciones de acceso a la glorieta
- Carriles de aceleración paralelos
- Carriles de aceleración directos
- Carriles de deceleración paralelos
- Carriles de deceleración directos
- Cambios en el número de carriles

Para su definición geométrica, se han utilizado las indicaciones que al respecto lleva a cabo la Norma 3.1-IC. Se debe definir, por lo tanto, en función del vehículo patrón considerado, las velocidades de proyecto, y de la pendiente de la rasante definida en el diseño en alzado de cada ramal, las diferentes longitudes que deben disponerse en las diferentes partes que conforman los elementos de cambio de trayectoria y velocidad.

6.6.1. Intersecciones de acceso a la glorieta

Las zonas de intersección entre los diferentes ramales que acceden a la glorieta y la corona circular de la misma se han diseñado teniendo en cuenta las trayectorias que, en cada caso, necesitan llevar a cabo los vehículos.

Como vehículo patrón se ha utilizado, como ya se ha mencionado a lo largo del presente Trabajo, un tren de carretera, con sus longitudes y radios de giro correspondientes. De ese modo, se han trazado las diferentes trayectorias que van a trazar dichos vehículos para diseñar, de ese modo, intersecciones que permitan dicho

movimiento, así como las isletas necesarias para mejorar la seguridad de los movimientos que se den en dichas intersecciones.

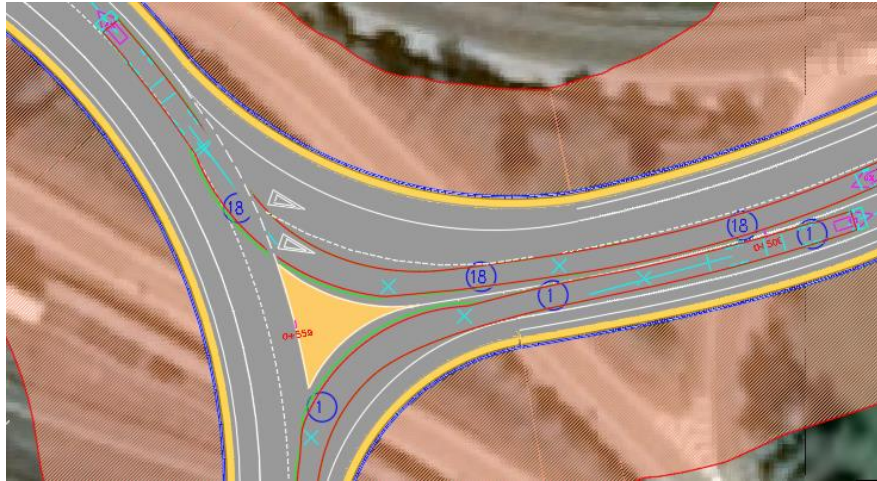


Tabla 109. Ejemplo de diseño de isleta en intersección NG-G

6.6.2. Carriles de aceleración y deceleración directos

Tal y como ya se realizó para la comprobación de los elementos de cambios de trayectoria y velocidad existentes en la infraestructura actual (ver 4.4), se han utilizado los valores de la Tabla 8.1 de la Instrucción de Trazado para establecer las longitudes mínimas que deben disponerse en las cuñas de transición, así como la Tabla 8.2 de dicha Instrucción para establecer las longitudes mínimas de los carriles paralelos a disponer en los carriles de aceleración y deceleración paralelos.

6.6.3. Carriles de aceleración y deceleración directos

En aquellos casos en los que el acceso a un ramal desde otro se lleva a cabo sin disponer un carril paralelo de ancho constante, se ha dispuesto un carril de ancho variable que da acceso al nuevo ramal y que debe cumplir con las longitudes mínimas que se establecen para las cuñas de transición.

Además, teniendo en cuenta que los carriles de aceleración o deceleración directos pueden tener geometrías más complejas que el simple descenso o aumento lineal de su ancho, se ha llevado a cabo un estudio de la trayectoria que debe efectuar tren de carretera considerado como vehículo patrón, tal y como se ha hecho para el diseño de las intersecciones en la glorieta.



6.6.4. Cambios en el número de carriles. Distancia de parada

El estudio de tráfico llevado a cabo en 6.2 muestra la necesidad de disponer dos carriles en algunos ramales de acceso a la glorieta, mientras que el cálculo aislado del nivel de servicio de dicho ramal, calculado como tramo básico, permite disponer un solo carril.

Teniendo en cuenta que la seguridad en el acceso a dichos ramales es mucho mayor si se disponen con tan solo un carril, se ha decidido disponer los ramales de acceso a la glorieta con un carril y llevar a cabo un cambio en el número de carriles, en los casos en los que es necesario, en las inmediaciones de la glorieta, para dar así mayor capacidad de almacenamiento en la espera y mayor seguridad en la intersección con la glorieta.

La longitud de dicha transición se ha diseñado conforme a las indicaciones que la Norma 3.1-IC proporciona en materia de distancia de parada, siendo por lo tanto un diseño más restrictivo que el criterio considerado para el diseño de los carriles de aceleración o deceleración y, por lo tanto, del lado de la seguridad.

Los elementos que conforman la transición del ramal de uno a dos carriles, o viceversa, conlleva:

- El diseño de la cuña de transición, para lo cual se han utilizado los valores tomados como referencia en los apartados anteriores, en función de la velocidad de proyecto de cada uno de los ramales en el tramo donde aparece la transición.
- La disposición del tramo con dos carriles, el cual debe prolongarse en una longitud superior a la obtenida mediante la siguiente expresión:

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

Siendo:

D_P : Distancia de parada (m).

V : Velocidad al inicio de la maniobra de frenado (V_P en km/h).

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

t_p : Tiempo de percepción y reacción (s).

f_l : Coef. de rozamiento longitudinal movilizado rueda-pavimento.



Con:

V (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
f_i	0,532	0,411	0,390	0,369	0,348	0,334	0,320	0,306	0,291

Tabla 110. Coeficiente de rozamiento longitudinal movilizado (f_i) en una maniobra de frenado



7. DISEÑO DE FIRMES

7.1. Datos sobre el terreno natural

Para el diseño del firme que debe disponerse en los diferentes ramales que conforman el enlace, es necesario definir las propiedades básicas del terreno existente en el emplazamiento de la actuación.

Tal y como se desarrolla en el apartado 2.5 del presente Trabajo, el MAGNA50 define el terreno existente en el emplazamiento como “mantos de arroyada” del Pleistoceno superior, perteneciente al Cuaternario, es decir, arcillas rojas con niveles de cantos zonales.

Cabe mencionar la necesidad de, en fases más avanzadas del proyecto de mejora del enlace, llevar a cabo un estudio minucioso de las propiedades del terreno en cuanto a su granulometría, plasticidad o resistencia. Sin embargo, el alcance del presente Trabajo no abarca la obtención mediante ensayos en laboratorio necesarios para caracterizar el terreno de ese modo.

La información necesaria para definir si el terreno puede ser estabilizado “in situ”, ya sea con cal o cemento, es:

- Granulometría
- Composición química en cuanto a materia orgánica y a sulfatos solubles
- Índice de Plasticidad y Límite Líquido

Teniendo en cuenta la falta de información al respecto, y considerando la descripción que se ha obtenido del propio material, se considerará para el diseño del firme que puede obtenerse ningún tipo de suelo estabilizado, pudiéndose caracterizar, del lado de la seguridad, como un suelo tolerable (0).



7.2. Categoría de tráfico pesado

Observando las conclusiones obtenidas en el estudio de tráfico realizado para el presente Trabajo, es posible obtener la Intensidad Media Diaria de vehículos pesados que aparecerán en cada uno de los ramales del enlace en el año de puesta en servicio.

Por un lado, el análisis de la evolución del tráfico pesado durante los últimos años muestra una tendencia descendente en la Autovía Mudéjar y aproximadamente constante en el resto de los ramales. Sin embargo, el análisis de los condicionantes del entorno llevado a cabo en 2.2 evidencia un aumento de la actividad comercial en el entorno que podría revertir la situación de descenso del tráfico pesado, o incluso aumentarlo.

Debido a la incertidumbre que conlleva la consideración de los dos criterios anteriormente mencionados, se ha decidido utilizar como IMD_P , para la categorización del tráfico pesado para el diseño de firmes, la media que puede ser calculada mediante el tráfico registrado el día del aforo. Dichas intensidades se recogen en la Tabla 111.

NGc	NGd	SGc2	SGd2	EWc1	EWc2	EWc3	EWd1
1318	896	1681	1556	1619	404	1850	2125
EWd2	EWd3	SGc1	SWc	SGd1	WSc	SNc	G
459	1882	2474	809	2422	884	370	3127

Tabla 111. IMD_P considerada para el diseño de firmes

Para la clasificación del tráfico pesado se ha utilizado el criterio descrito por la Norma 6.1 IC y mostrado en Figura 45, definiéndose en la Tabla 112 las categorías de tráfico de cada uno de los ramales.

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T00	T0	T1	T2
IMD _p (vehículos pesados/día)	≥ 4 000	< 4 000 ≥ 2 000	< 2 000 ≥ 800	< 800 ≥ 200

Figura 45. Categorías de tráfico pesado según la Norma 6.1 IC ³³

³³ Fuente: Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre, por la que se aprueba la Norma 6.1 IC Secciones de firme, de la Instrucción de Carreteras (BOE de 12 de diciembre de 2003)



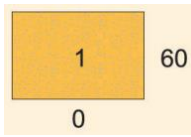
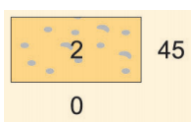
NGc	NGd	SGc2	SGd2	EWc1	EWc2	EWc3	EWd1
T1	T1	T1	T1	T1	T2	T1	T0
EWd2	EWd3	SGc1	SWc	SGd1	WSc	SNc	G
T2	T1	T0	T1	T0	T1	T2	T0

Tabla 112. Categoría de tráfico pesado de cada ramal

7.3. Análisis de diseño de la explanada

Como ya se ha mencionado, el terreno existente en el emplazamiento ha sido considerado como incapaz de poder proporcionar suelo estabilizado “in situ”, por lo que en los casos en los que fuera necesario, el suelo estabilizado deberá disponerse con tierras de préstamo. Debido al gran coste económico que ello supone, únicamente se estudian soluciones con suelo estabilizado en las tipologías de explanadas donde no existe alternativa, es decir, en las E3.

Por todo ello, las posibles explanadas que pueden disponerse en los distintos ramales que conforman el enlace son:

Categoría explanada	Firme	Descripción	Sección
E1	1.1	60 cm de suelo adecuado	
	1.2	45 cm de suelo seleccionado	



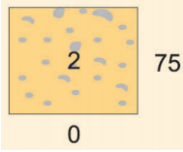
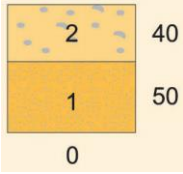
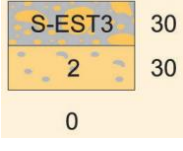
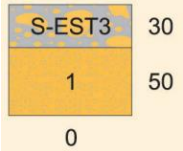
E2	2.1	75 cm de suelo seleccionado	
	2.2	50 cm de suelo adecuado y 40 cm de suelo seleccionado	
E3	3.1	30 cm de suelo seleccionado y 30 cm de suelo estabilizado 3	
	3.2	50 cm de suelo adecuado y 30 cm de suelo estabilizado 3	

Figura 46. Explanadas posibles

7.4. Análisis de diseño del firme

Se procede, a continuación, al diseño del firme que deberá disponerse en cada ramal, considerando para ello los tráficos anteriormente expuestos que definen la demanda de pesados en el carril de proyecto. Como se puede comprobar, se ha utilizado la totalidad del tráfico pesado de cada sentido ubicado en un mismo carril, de modo que la definición de la categoría del tráfico pesado es más restrictiva.

En base a lo estipulado en la Norma 6.1 IC y a las conclusiones obtenidas en apartados anteriores en cuanto a la categoría del tráfico pesado y las posibles explanadas a materializar, las posibles secciones de firme que pueden disponerse en los distintos ramales que conforman el enlace objeto de estudio son:



	T0	T1	T2
E1			
E2			
E3			

Tabla 113. Secciones de firme posible

7.5. Selección de la sección de explanada y firme

Se procede a continuación a llevar a cabo una valoración económica de las diferentes combinaciones posibles para las secciones de firme y de explanada. Para ello, se han utilizado los precios dispuestos en la Orden circular 37/2016 que se muestran a continuación:

- Suelo tolerable para explanada: 4,16 €/m³
- Suelo adecuado para explanada: 5,87 €/m³
- Suelo seleccionado para explanada: 6,67 €/m³
- Suelo estabilizado S-EST1 con tierras de préstamo: 7,25 €/m³
- Suelo estabilizado S-EST2 con tierras de préstamo: 8,02 €/m³
- Suelo estabilizado S-EST3 con tierras de préstamo: 8,26 €/m³



- Suelo-Cemento: 21,81 €/m³
- Grava-Cemento: 23,68 €/m³
- Zahorra Artificial: 18,19 €/m³
- HM-20: 79,14 €/m³
- HF: 139,59 €/m³
- Mezcla bituminosa: 26 €/m³

Mediante dichos precios unitarios, los costes por metro cuadrado de ramal de cada una de las explanadas posibles son:

Tipo explanada	Explanada	Suelo 1 (€/m ²)	Suelo 2 (€/m ²)	S-EST3 (€/m ²)	Total (€/m ²)
E1	1.1	352.2			352.2
	<u>1.2</u>		300.15		300.15
E2	<u>2.1</u>		500.25		500.25
	2.2	293.5	266.8		560.3
E3	<u>3.1</u>		200.1	247.8	447.9
	3.2	293.5		247.8	541.3

Tabla 114. Valoración económica de las explanadas

Además, ha sido posible estimar los costes de cada una de las secciones de firme consideradas, los cuales son:

Firme	MB	ZA	SC	GC	HF	HM	Total (€/m ³)
031	780	454.75					1234.75
032	520		545.25				1065.25



033	468		479.82	473.6			1421.42
034					3350.16	1187.1	4537.26
121	780	454.75					1234.75
122	520		545.25				1065.25
123	390		479.82	520.96			1390.78
124					3489.75	1187.1	4676.85
131	650	454.75					1104.75
132	520		436.2				956.2
134					3489.75	1187.1	4676.85
211	728	727.6					1455.6
212	468		654.3				1122.3
214		363.8			3210.57	1187.1	4761.47
221	650	454.75					1104.75
222	468		479.82				947.82
223	390		436.2	473.6			1299.8
224					3210.57	1187.1	4397.67
231	520	454.75					974.75
232	390		436.2	473.6			1299.8
234					3210.57	1187.1	4397.67

Tabla 115. Valoración económica de las secciones de firme



Finalmente, es posible calcular el coste total de los posibles paquetes de firme y explanada a disponer en cada uno de los ramales según su categoría de tráfico pesado, definiéndose éstos en la Tabla 116.

	Explanada	Firme	Coste del firme	Coste de la explanada	COSTE TOTAL (€/m ³)
T0	<u>E3.1</u>	031	1234.75	447.9	1682.65
		<u>032</u>	1065.25	447.9	<u>1513.15</u>
		033	1421.42	447.9	1869.32
		034	4537.26	447.9	4985.16
T1	E2.1	121	1234.75	500.25	1735
		122	1065.25	500.25	1565.5
		123	1390.78	500.25	1891.03
		124	4676.85	500.25	5177.1
	<u>E3.1</u>	131	1104.75	447.9	1552.65
		<u>132</u>	956.2	447.9	<u>1404.1</u>
		134	4676.85	447.9	5124.75
T2	E1.2	211	1455.6	300.15	1755.75
		212	1122.3	300.15	1422.45
		214	4761.47	300.15	5061.62
	E2.1	221	1104.75	500.25	1605



		222	947.82	500.25	1448.07
		223	1299.8	500.25	1800.05
		224	4397.67	500.25	4897.92
	<u>E3.1</u>	<u>231</u>	974.75	447.9	<u>1422.65</u>
		232	1299.8	447.9	1747.7
		234	4397.67	447.9	4845.57

Tabla 116. Valoración de las secciones de explanada y firme

A modo resumen, las secciones de explanada y firme que se utilizarán en cada uno de los ramales, según su calificación en cuanto a tráfico pesado son:

Categoría de tráfico pesado del ramal	Explanada	Firme
T0	E 3.1	
T1		
T2		

Tabla 117. Secciones de firme y explanada dispuestas



7.6. Diseño de la mezcla bituminosa

En todas las secciones que van a disponerse se requieren 20 cm de mezcla bituminosa cuyo diseño se plantea a continuación en base al criterio que plantea para ello la Norma 6.1 IC, mostrado en la Tabla 118.

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA (*)	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
		T00 a T1	T2 y T31	T32 y T4 (T41 y T42)
Rodadura	PA	4		
	M	3	2-3	
	F			
	D y S		6-5	5
Intermedia	D y S	5-10 ^(**)		
Base	S y G	7-15		
	MAM	7-13		

Tabla 118. *Espesor de capas de mezcla bituminosa en caliente*

Teniendo en cuenta los 20 cm que en total deben disponerse, la necesidad de definir una capa de rodadura, y la restricción que requiere que cada capa sea de mayor espesor que su superior, se ha decidido definir la siguiente disposición:

- Capa de rodadura de mezcla bituminosa discontinua en caliente (M) de 3 cm
- Capa intermedia de mezcla bituminosa en caliente (D o S) de 7 cm
- Capa de base de mezcla bituminosa en caliente (S o G) de 10 cm

Según la Tabla 543.1 del PG-3, y teniendo en cuenta la categoría de tráfico pesado de cada ramal, puede utilizarse como ligante hidrocarbonado en mezclas bituminosas discontinuas el PMB 45/80. La nomenclatura de la composición de dicha mezcla será BBTM 8A PMG 45/80.

Según la Figura 3 de la Norma 6.1 IC que califica el área de estudio como zona térmica estival media, la categoría de tráfico pesado de cada ramal, y la tabla 542.1 del PG-3, puede utilizarse como ligante hidrocarbonado en mezclas bituminosas en caliente el BC 35/50 para la capa intermedia y la capa de base. La nomenclatura de la composición



de dicha mezcla para la capa intermedia es AC32 BIN BC35/50 S, mientras que para la capa de base AC32 BASE BC35/50 S.

7.7. Riegos

7.7.1. Riego de imprimación

Con el objetivo de asegurar el correcto comportamiento de la unión entre capas granulares y bituminosas, se deberá disponer, entre ambas, un riego de imprimación que consiste en la aplicación de una emulsión bituminosa sobre las capas, en este caso, de zahorra artificial dispuestas en el diseño de firme anteriormente expuesto.

En este caso, tal y como se detalla en el artículo 530 del PG-3, se utilizará una emulsión C50BF4 IMP en una dotación no inferior a 500 g/m².

7.7.2. Riego de adherencia

Con el objetivo de asegurar la adherencia entre capas tratadas con ligantes hidrocarbonados o conglomerantes hidráulicos y capas bituminosas, se deberá disponer, entre ambas, un riego de adherencia que consiste en la aplicación de una emulsión bituminosa sobre las capas, en este caso, de suelo-cemento dispuestas en el diseño de firme anteriormente expuesto.

En este caso, tal y como se detalla en el artículo 521 del PG-3, se utilizará una emulsión bituminosa modificada (al ser todos los ramales de tráfico pesado T2 a T0) C60BP3 ADH en una dotación no inferior a 200 g/m².

7.7.3. Riego de curado

Con el objetivo de impermeabilizar la superficie y evitar la evaporación del agua necesaria para el fraguado de capas tratadas con un conglomerante hidráulico deberá disponerse, sobre estas, un riego de curado que consiste en la aplicación de una película continua y uniforme de una emulsión bituminosa sobre las capas, en este caso, de suelo-cemento dispuestas en el diseño de firme anteriormente expuesto.



En este caso, tal y como se detalla en el artículo 522 del PG-3, se utilizará una emulsión C60B3 CUR en una dotación no inferior a 300 g/m³.

7.8. Resumen del diseño definitivo

A continuación, en la Tabla 119 se expone la sección de explanada, firme y mezcla bituminosa que se van a utilizar en cada ramal en función de su categoría de tráfico pesado, definida para cada ramal en la Tabla 112.

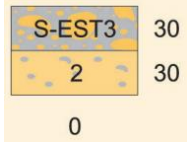
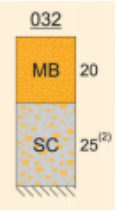
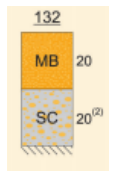
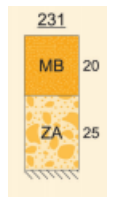
Tráfico pesado del ramal	Explanada	Firme	Riegos	Mezcla bituminosa
T0	E 3.1 		R. ADH sobre SC: 200 g/m ² C60BP3 ADH	Capa de rodadura: 3 cm de BBTM 8A PMG 45/80
T1			R. CUR sobre SC: 300 g/m ² C60B3 CUR	+ Capa intermedia: 7 cm de AC32 BIN BC35/50 S
T2			R. IMPR sobre ZA: 500 g/m ² C50BF4 IMP	+ Capa de base: 10 cm de AC32 BASE BC35/50 S

Tabla 119. Diseño definitivo del firme



8. RESUMEN DE MEDICIONES

A continuación, se pretende llevar a cabo la exposición de las mediciones de materiales obtenidas para la infraestructura diseñada. Al respecto, adjuntándose en el documento “Mediciones” del presente Trabajo, se han cubicado los movimientos de tierras, calculado el material de firme necesario.

Del mismo modo, se consideran las posibles cantidades de material necesarias para la construcción de las estructuras necesarias, medidas sobre las definidas en el modelo simplificado elaborado en el estudio de soluciones.

Sobre dichos resultados, y en base a los diseños anteriormente expuestos para el paquete de firme, se pueden calcular las cantidades de material que se detallan en las siguientes tablas, descontándose la infraestructura existente aprovechada.

Volumen en desmonte	423.222,64 m ³
Volumen en terraplén	96.330,37 m ³

Tabla 120. Resumen de movimiento de tierras

Mezcla bituminosa	14.266,52 m ³
Zahorra artificial	1.415,21 m ³
Suelo-Cemento	12.851,31 m ³
Suelo estabilizado	25.187,00 m ³
Suelo seleccionado	20.852,66 m ³
Barrera para mediana	89,68 m.l.

Tabla 121. Resumen de materiales de firme



Hormigón prefabricado o in situ	13.117 m ³
Acero estructural	1.049.371 kg

Tabla 122. Resumen de los materiales estructurales del modelo simplificado

Teniendo en cuenta el diseño de la mezcla bituminosa que se detalla en la Tabla 119, los 14.266,52 m³ de pavimento pueden descomponerse en:

BBTM 8A PMG 45/80	2.139,98 m ³	71.332,67 m ²
AC32 BIN BC35/50 S	4.993,28 m ³	11.734,21 t
AC32 BASE BC35/50 S	7.133,26 m ³	16.763,16 t

Tabla 123. Descomposición de materiales de la mezcla bituminosa

Por último, en cuanto a la disposición de los riegos de imprimación, adherencia y curado necesarios, tal y como se detallan en la Tabla 119, deben disponerse:

C60BP3 ADH	12.851,31 kg
C60B3 CUR	19.276,97 kg
C50BF4 IMP	2.830,42 kg

Tabla 124. Materiales para riegos de adherencia, curado e imprimación



9. RESUMEN DE VALORACIÓN ECONÓMICA

A continuación, se exponen los resultados obtenidos de la valoración económica llevada a cabo sobre la solución finalmente adoptada para el enlace objeto de estudio. Al respecto, cabe tener en cuenta que no debe considerarse dichos resultados como un presupuesto de ejecución de la solución, pues se requiere para ello de un Proyecto constructivo de mayor alcance.

Los importes de ejecución de los diferentes capítulos en los que se ha dividido la valoración económica del presente Trabajo son:

- Capítulo 1. Firmes y pavimentos: 1.809.906,48 €
- Capítulo 2: Demoliciones y movimiento de tierras: 1.666.144,24 €
- Capítulo 3: Elementos estructurales: 2.466.839,06 €
- Capítulo 4: Elementos de señalización, balizamiento y defensa: 111.008,10 €

En base a dicha valoración económica de los elementos que pueden cuantificarse de las actuaciones propuestas para el enlace objeto de estudio, se adjunta en la Tabla 125 el cálculo del Presupuesto Base de Licitación correspondiente.

Estimación del Presupuesto Base de Licitación	
Importe de ejecución material	6.053.897,88 €
13% Gastos generales	797.006,72 €
6% Beneficio industrial	363.233,87 €
Suma	7.204.138,48 €
21 % IVA	1.512.869,08 €
PBL TOTAL ESTIMADO	8.717.007,56 €

Tabla 125. Presupuesto Base de Licitación estimado



10. REFERENCIAS

- Orden FOM/273/2016. Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras.
- Orden circular 32/2012. Guía de nudos viarios
- Orden FOM/3460/2003. Norma 6.1-IC Secciones de firme, de la Instrucción de Carreteras
- Orden FOM/2523/2014. Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).
- Orden Circular 37/2016. Base de precios de referencia de la Dirección General de Carreteras
- Sitio web de la Autoridad Portuaria de Valencia www.valenciaport.com
- Sitio web de Parc Sagunt www.parcsgunt.com
- Informe de adjudicación de parcelas de diciembre de 2018 de Parc Sagunt
- Herramienta GIS sobre Diagnóstico de los recursos de información urbanística del suelo industrial de Sagunto, a fecha 24 de febrero de 2019. Ajuntament de Sagunt
- Estudio, pliego cartográfico, visor digital, maqueta de inversión y memoria de posibles actuaciones sobre potencial de nuevas actividades económicas de carácter industrial en el término municipal de Sagunt”. Ajuntament de Sagunt (junio 2018).
- Visor cartográfico de la Generalitat Valenciana <https://visor.gva.es/visor/>
- Proyecto LiDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea PNOA, del Instituto Geográfico Nacional
- MAGNA50: Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (2ª serie), del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), perteneciente al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.
- Mapa de tráfico nacional (general) 2017. Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.



- Mapa de tráfico provincial 2017. Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.
- Datos mensuales definitivos de tráfico en las estaciones de aforo primarias de la RCE (2017). Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.
- Datos históricos de tráfico desde 1960 en las estaciones de aforo. Evolución histórica de las estaciones primarias. Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.
- Datos históricos de tráfico desde 1960 en las estaciones de aforo. Evolución histórica de las estaciones secundarias. Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.
- Datos históricos de tráfico desde 1960 en las estaciones de aforo. Evolución histórica de las estaciones de cobertura. Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.
- Mapa de información de tráfico de la Dirección General de Tráfico del Ministerio de Interior <http://infocar.dgt.es/etraffic/>
- Diamante, J. (2015). Método alternativo de cálculo de la longitud de los carriles de cambio de velocidad. *Revista de Obras Públicas*, 3569, 37-52
- Saaty, T (1980): The analytic hierarchy process. McGraw-Hill, New York.
- Aragonés Beltrán, P., Gómez-Senent Martínez, E., & U.P.V. (2001). Técnicas De Ayuda a La Decisión Multicriterio: Cuaderno De Apuntes.
- Aznar J & Guijarro F, (2011) Métodos de Valoración Multicriterio, Segunda Edición, Valencia – España.
- USA Transportation Research Board (2016). Highway Capacity Manual 6th edition, a guide for multimodal mobility análisis. Volume 3: Interrupted Flow. Chapter 22: Roundabouts. Washington, DC, Estados Unidos.
- Carlos de la Hoz De la Escalera, Julio Pozueta Echavarri (1989). Recomendaciones para el diseño de glorietas en carreteras suburbanas.



- Vía Libre (11 de julio de 2016). <<[Comienzan las obras de implantación del ancho internacional en la estación de Sagunto](#)>> Vía Libre.
- Bitacoras.com. Abc España, ed. <<[La historia de la carretera más larga de España](#)>>
- J .L. Z. (11 de enero de 2019). <<[El dueño de Zara compra la parcela de Parc Sagunt que no quiso Mercadona](#)>>. Levante-emv.
- Valencia Plaza (11 de abril de 2018). <<[El Consell empieza a redactar un Plan Especial para Parc Sagunt 2: “Es la joya de la corona”](#)>>. Valencia Plaza

Valencia, a junio de 2019

Fdo:

Carlos Ruano Cachinero