

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**DOBLE TITULACIÓN
CONVENIO DE INTERCAMBIO DE ESTUDIANTES
PUCP-Universidad Politécnica de Madrid**



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ**

**ANÁLISIS Y MEJORA DE LA CARRETERA M-607 TRAMO
COLMENAR VIEJO - CERCEDA, MADRID**

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Civil**, que presenta:

Jhon Antony Peñaloza Ambrosio

ASESOR UPM: Manuel Romana Garcia.

ASESOR PUCP: Jose Luis Reyes Nique.

Lima, 13 febrero del 2017

RESUMEN

En el presente trabajo se centró en el estudio y actuaciones de mejora en la carretera M-607 en el tramo comprendido entre Colmenar Viejo y Cerceda en la Comunidad de Madrid. Para ello, se analizó el estado actual de la carretera teniendo en cuenta el tráfico actual, el nivel de servicio, la geometría actual de la carretera, el estado de los firmes, la accidentalidad en el tramo, la afección a otros usuarios, el estado de las estructuras complementarias a la carretera (drenaje, puentes, etc.). Posteriormente, se realizó un diagnóstico sobre la situación actual de la carretera e identificar sus principales problemas los cuales fueron: problemas de visibilidad, nivel de servicio E (según el Manual de Carreteras) debido a los pocos tramos de adelantamiento, la poca accesibilidad a otros usuarios de la vía como ciclistas.

Con el objetivo de mejorar la calidad de la carretera en general, se propuso tres tipos de soluciones: reperfilado de taludes, una carretera 2+1 y una autovía, en las tres se incluía la construcción de un carril bici. Se realizó una evaluación multicriterio añadiendo también el escenario en el que no se realiza ninguna actuación. Finalmente, nos dio como resultado del análisis que la mejor solución sería la carretera 2+1 con el carril bici. Se realizó el proyecto constructivo de dicha solución el cual contempla como principales partidas: la construcción de un tercer carril, un carril bici, la construcción de un sistema de drenaje con caz, una barrera rígida para separar los carriles de ciclistas de los carriles de vehículos y la correcta señalización tanto horizontal con vertical de una sistema de carretera 2+1.

Palabras clave:

Carretera 2+1, M-607, Colmenar Viejo, acondicionamiento, carril bici.

ABSTRACT

In this project, we focused on the study of M-607 road in the section between Colmenar Viejo and Cerceda in the Community of Madrid. To do this, we analyzed the current state of the road special this factors: the actual traffic, the level of service, state of the actual geometry, the situation of other structures of the road (drainage, bridges, etc.). Subsequently, a diagnosis of the state of the road is made to identify the following problems: level of service E because the highest percentage of following (according to the Highway Manual of Capacity), poor accessibility to other user such as cyclist, visibility problems.

In order to improve the quality of the road in general, three types of solutions are proposed: reprofiling of slopes, 2+1 road and a highway, the three are included the construction of a bike path. The results of the multi-criteria evaluation show us that the best solution are the 2+1 road with the bike path we write the construction project of this solution. The main items of the project are construction of the third lane, the bike path, construction of a new system of drainage, a rigid barrier to separate the bicycle of the vehicle and the vertical and horizontal signalization to a 2+1 road system.

Keywords:

2+1 road, M-607, Colmenar Viejo, conditioning, bike path.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
CERTIFICADO ACADÉMICO DE
ASIGNATURAS SUPERADAS



DATOS DEL ALUMNO:

Nombre y Apellidos: JHON ANTONY PEÑALOZA AMBROSIO
 D.N.I.: 6321161

Acceso a la universidad: OTROS CONVENIOS INTERNACIONALES CON DESCUENTO
 Realizada en: 2012-13-JUNIO

Centro ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
 Plan de estudios: ER04 ERASMUS CENTRO 4 CAMINOS
 Expediente: 422

Don PABLO DE LA FUENTE MARTIN, Secretario de este centro, certifica que el alumno con los datos reseñados arriba ha obtenido las siguientes calificaciones:

RELACIÓN DE ASIGNATURAS DEL EXPEDIENTE:

Código	Nombre asignatura	Cred.	Dur.	Tip.	Año	Conv.	Calificación	C.Num
curso I								
43000364	MODELOS MATEMATICOS PARA SISTEMAS DE INGENIERIA CIVIL	7,50	S	L	14-15	FEB	NOTABLE	7,10
43000365	TERMOMECAICA DE MEDIOS CONTINUOS	4,50	S	L	15-16	FEB	APROBADO	6,00
43000366	HIDRAULICA TECNICA	6,00	S	L	14-15	J	APROBADO	6,40
43000367	INGENIERIA Y TERRITORIO	4,50	S	L	14-15	JUL	APROBADO	6,00
43000368	SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO	4,50	S	L	14-15	FEB	APROBADO	6,60
43000369	INGENIERIA MARITIMA, PUERTOS Y COSTAS	4,50	S	L	14-15	FEB	APROBADO	5,50
43000370	SISTEMAS DE TRANSPORTE	4,50	S	L	14-15	FEB	APROBADO	6,50
43000371	RECURSOS HIDRAULICOS	4,50	S	L	14-15	J	NOTABLE	8,30
43000372	ELASTICIDAD APLICADA	6,00	S	L	14-15	J	NOTABLE	7,40
43000373	TIPOLOGIA ESTRUCTURAL	3,00	S	L	15-16	FEB	NOTABLE	7,50
43000374	OBRAH HIDRAULICAS	6,00	S	L	15-16	FEB	APROBADO	6,70
43000375	INGENIERIA GEOTECNICA	4,50	S	L	15-16	FEB	NOTABLE	8,10
43000376	ECONOMIA	3,00	S	L	14-15	J	APROBADO	5,90
43000377	METODOS COMPUTACIONALES EN INGENIERIA CIVIL	6,00	S	L	14-15	J	NOTABLE	7,90
43000378	SISTEMAS FERROVIARIOS	4,50	S	L	14-15	J	APROBADO	5,20
43000379	SISTEMAS ENERGETICOS	3,00	S	L	15-16	FEB	APROBADO	6,00
43000380	PLANIFICACION Y GESTION DE CARRETERAS	4,50	S	L	15-16	FEB	NOTABLE	7,60
43000381	TRABAJO FIN DE MASTER	12,00	I	L	15-16	JUL	NOTABLE	8,70
43000383	MORFOLOGIA DE PUENTES	4,50	S	L	15-16	FEB	NOTABLE	7,50
43000388	PROYECTO, CALCULO Y CONSTRUCCION DE PUENTES	4,50	S	L	15-16	J	NOTABLE	7,10
43000408	TECNOLOGIA FERROVARIA	4,50	S	L	15-16	FEB	APROBADO	6,40
43000411	MODELOS DE DEMANDA DE TRANSPORTE	4,50	S	L	15-16	J	NOTABLE	7,00
43000412	AEROPUERTOS	4,50	S	L	15-16	J	NOTABLE	8,00
43000413	DISEÑO VIARIO	4,50	S	L	15-16	J	NOTABLE	8,40

Nota media según la normativa de la U.P.M. : 7,13.

Nota media según baremo 0-4: 1,59.

Legenda

Tipología de las asignaturas (Tip.): T= Troncal/Básica; B= Obligatoria; O= Optativa; L= Libre Elección; C= Complementos de Formación; P= Proyecto Fin de Carrera. Duración (Dur.): A= Anual, Q=Cuatrimstral, S= Semestral. Convocatoria (Conv.)

RESUMEN DE CRÉDITOS

Tipo	Conseguido
LIBRE ELECCION(L)	120,00
TOTAL	120,00

Y para que así conste, y a petición del interesado, se expide esta certificación con el visto bueno del Ilmo. Sr. Director y el sello de este Centro, a 24 de octubre de 2016.

Vº. Bº. DIRECTOR.



SECRETARIO



FEIPE GABALÓN CASTILLO
 SUBDIRECTOR

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE DE CONTENIDO	III
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
CAPÍTULO 1	3
Estudio de la carretera existente.....	3
1.1. Análisis geométrico y estructural de la vía.....	3
1.1.1. Análisis geométrico.....	3
1.1.1.1. Trazado en planta.....	3
1.1.1.2. Trazado del alzado	4
1.1.1.3. Coordinación planta – alzado.....	5
1.1.1.4. Análisis de consistencia de la vía.....	13
1.1.1.5. Análisis de visibilidad.....	16
1.1.2. Análisis estructural.....	17
1.2. Inventario de elementos de la carretera.....	18
1.2.1. Estructuras.....	18
1.2.2. Obras de drenaje.....	19
1.2.3. Vías pecuarias.....	19
1.2.4. Carril bici.....	20
1.2.5. Señalización.....	21
1.3. Análisis de accidentalidad.....	22
1.3.1. Accidentalidad entre los PK 36 y 48.....	23
1.4. Análisis de afección al Medio Ambiente.....	26
1.5. Tráfico y movilidad.....	30
1.5.1. Análisis de tráfico actual y futuro.....	30
1.5.2. Análisis de Movilidad.....	33
1.6. Proyectos ejecutados en el tramo.....	34
1.7. Actuaciones en materia de Infraestructuras de carreteras.....	36
1.8. Selección de la velocidad ideal de circulación.....	37
1.8.1. Análisis en sentido Colmenar Viejo – Cerceda.....	37
1.8.2. Análisis en sentido Cerceda – Colmenar Viejo.....	40
1.8.3. Comparación de la carretera en sentido directo e inverso.....	42

1.8.4. Influencia de la velocidad en otros usuarios de la carretera.	44
1.8.5. Afección de la velocidad al medio ambiente.	45
1.8.6. Capacidad de la carretera y el nivel de servicio.	46
CAPÍTULO 2	49
Condicionantes actuales	49
2.1. Condicionantes del entorno.....	49
2.1.1. Cerceda.	49
2.1.1.1. Población.....	49
2.1.1.2. Comunicaciones.	50
2.1.1.3. Turismo.	50
2.1.1.4. Actividades económicas.....	50
2.1.1.5. Usos de Suelo.	50
2.1.2. Colmenar Viejo.....	52
2.1.2.1. Población.....	52
2.1.2.2. Comunicaciones.	53
2.1.2.3. Turismo.	53
2.1.2.4. Actividades Económicas.....	54
2.1.2.5. Usos de Suelo.....	54
2.1.3. Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares.....	55
2.2. Condicionantes técnicos.	56
2.3. Condicionantes económicos.	57
2.3.1. Estado presupuestario de la Comunidad Autónoma de Madrid.....	57
2.3.2. Presupuesto para carreteras.....	57
CAPÍTULO 3	60
Diagnóstico Final.....	60
3.1. El trazado horizontal y alzado de la carretera.	60
3.2. Estado del Pavimento.	61
3.3. Obras de drenaje.....	61
3.4. Puentes y pasos a desnivel.	62
3.5. Señalización.....	62
3.6. Vías pecuarias y Ciclovía.	62
3.7. Análisis de tráfico y accidentalidad.....	63
3.8. Análisis de la velocidad ideal de la carretera.	63

CAPÍTULO 4	65
Propuestas de solución y selección de alternativas.....	65
4.1. Propuestas de solución.	65
4.1.1. Alternativa 1.....	65
4.1.2. Alternativa 2.....	65
4.1.3. Alternativa 3.....	66
4.1.4. Alternativa 4.....	67
4.2. Evaluación y selección de alternativas.....	68
4.2.1. Criterio Funcional.....	68
4.2.1.1. Funcionalidad para el automóvil.....	68
4.2.1.2. Funcionalidad para otros usuarios de la carretera.	72
4.2.2. Impacto Social.....	74
4.2.3. Impacto Medioambiental.	76
4.2.4. Impacto Económico.	79
4.2.5. Evaluación multicriterio.	80
CAPÍTULO 5	84
Proyecto constructivo de la alternativa seleccionada	84
5.1. Ampliación de la calzada existente.....	85
5.2. Obras de drenaje.....	86
5.3. Firmes y Pavimentos.	87
5.4. Señalización, balizamiento y defensas.....	89
5.5. Acondicionamiento paisajístico.	89
5.6. Pasos inferiores.....	89
5.7. Presupuesto y plazo de ejecución.....	89
CONCLUSIONES.....	90
BIBLIOGRAFÍA.....	91
ANEXOS	
ANEXO 1 - Tabla de estudio de la carretera existente	
ANEXO 2 - Diagnóstico de la carretera por P.K.	
ANEXO 3 - Matrices de Leopold del análisis de alternativas	
ANEXO 4 - Climatología, hidrología y drenaje	
ANEXO 5 - Firmes y pavimentos	
ANEXO 6 - Señalización, balizamiento y defensas	

ANEXO 7 - Reportaje fotográfico

PLANOS

PLANO 1 - Índice y ubicación

PLANO 2 - Minuta

PLANO 3 - Situación actual

PLANO 4 - Drenaje existente

PLANO 5 - Planta general

PLANO 6 - Secciones tipo

PLANO 7 - Perfil longitudinal

PLANO 8 - Secciones transversales

PLANO 9.1 - Drenaje - Planta general

PLANO 9.2 - Drenaje - Transversal y detalles

PLANO 10 - Señalización, balizamiento y defensas

PLANO 11 - Acondicionamiento medioambiental y paisajístico

PLANO 12 - Servicios afectados

PLANO 13 - Expropiaciones

PLANO 14 - Soluciones propuestas al tráfico

INTRODUCCIÓN.

El presente proyecto denominado “Análisis y mejora de la carretera M-607 tramo Colmenar Viejo – Cerceda, Madrid” está ubicado entre los términos municipales de Colmenar Viejo y El Boalo, en la provincia de Madrid, se redacta como parte del proyecto de fin de Máster de la Escuela de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid.

Su redacción ha sido realizada por el alumno Jhon Antony Peñaloza Ambrosio, bajo la supervisión y tutela del profesor Manuel Romana García.

Este proyecto tiene como objetivo fundamental definir técnicamente, justificar y valorar todas aquellas obras necesarias para la correcta y adecuada ejecución de la obra que se proyecta, así como de las instalaciones necesarias para el buen uso y funcionamiento de las mismas.

En los documentos que se presentan a continuación, se recogen todos los datos y características que han sido obtenidos como resultado de los cálculos desarrollados en los correspondientes anejos y que permiten marcar las líneas directrices para la materialización de las obras que se proyectan.

El proyecto consta de cinco documentos fundamentales: la memoria, los planos, el pliego de condiciones, el presupuesto, el estudio de seguridad y salud.

En la redacción y cálculos realizados se han tenido en cuenta las disposiciones y preceptos contenidos en la legislación vigente. Asimismo, se ha prestado especial atención al medio ambiente y al entorno circundante.

OBJETIVOS.

Se ha redactado con el objetivo fundamental de otorgar un mejor nivel de servicio en la carretera existente, logrando que dicha carretera sea utilizable tanto para vehículos ligeros de carga pesada y vehículos no motorizados (bicicletas). Para ello se proyecta la construcción de una carretera 2+1, para poder facilitar los adelantamientos en la vía, y la construcción de un carril bici, segregado de la vía actual por una barrera rígida, para mejorar la seguridad de los ciclistas que utilizan la carretera. Se mejora así los tiempos de viaje y la seguridad de todos los usuarios de la carretera.

La necesidad de solucionar los problemas de tráfico, mejorar el nivel de servicio para todos los usuarios de la carretera, reducir los accidentes causados en la vía y aumentar la capacidad de los tramos de adelantamiento. Nos ha llevado a la redacción de este proyecto.

Por tanto, se pretende dar una solución al problema actual, logrando los siguientes objetivos:

- Disminuir la peligrosidad.
- Reducir el número de accidentes.
- Mejorar la habitabilidad de la población.
- Garantizar la comodidad y la seguridad de los usuarios de la vía.
- Lograr una circulación más fluida, cómoda y sin atascos.

CAPÍTULO 1

Estudio de la carretera existente.

1.1. Análisis geométrico y estructural de la vía.

Uno de los estudios de la vía existente es realizar los análisis geométrico y estructural de la carretera actual. El trazado de la vía existente se realizó usando el programa del CLIP y el AUTOCAD Civil 3D.

1.1.1. Análisis geométrico.

La carretera fue inicialmente diseñada para brindar un servicio a 80 Km/h, teniendo así tramos sinuosos que se adaptaban al terreno. Con el pasar de los años, las necesidades de la población de reducir los tiempos de viaje, produjo que la carretera sea mejorada para dar un servicio a 100 Km/h, reconfigurando su geometría para dar el servicio que actualmente existe en la misma.

1.1.1.1. Trazado en planta.

El trazado en planta, como se explicó antes tiene las características de una carretera de 100 Km/h. Se utilizaron los datos otorgados por la Dirección General de Carreteras de la Comunidad de Madrid para realizar el trazado utilizando el CLIP.

ELEMENTO	CANTIDAD	CARACTERÍSTICAS	
TRAMOS RECTOS	16	Longitud Mínima	Longitud Máxima
		52 m	355 m
TRAMOS CURVOS	30	Radio Mínimo	Radio Máximo
		450 m	3000 m

Tabla 1. Resumen de elementos del trazado horizontal.

La tabla general se muestra en el ANEXO 1.

Análisis de sinuosidad

El grado de sinuosidad es un indicador utilizado en carreteras con el objetivo de saber si la vía presenta tiene una gran cantidad de tramos curvos en la vía, lo cual es un indicador de la calidad de servicio que otorga la carretera con respecto al trazado.

Se obtiene de dividir el ángulo del giro entre la longitud total recorrida en kilómetros, el valor es acumulativo conforme se va avanzando en el tramo.

$$\text{Grado de sinuosidad} = \frac{\text{Ángulo}}{\text{Longitud}}$$

En el tramo analizado de la M-607:

Sentido de Colmenar Viejo a Cerceda: la sinuosidad el tramo al final de la primera curva es de valor elevado, luego de la segunda curva la sinuosidad disminuye su valor considerablemente, manteniéndose casi constante entre 0.06 y 0.07, aproximadamente el en kilómetro 6 de todo el tramo vuelve a disminuir y su valor oscila entre 0.05 y 0.06 finalizando en 0.049.

Sentido Cerceda a Colmenar Viejo: la sinuosidad en este sentido al inicio presenta un valor menor a comparación del análisis en el sentido opuesto oscilando entre 0.015 hasta 0.035, a partir del kilómetro 7 aproximadamente su valor sube gradualmente hasta llegar al valor final de 0.049, sin superar este valor en ningún tramo.

De ambos análisis, se obtiene que el grado de sinuosidad de la vía presenta mayor valores al entre los primeros 6 kilómetros (mayor cantidad de curvas en este tramo), posteriormente este valor va disminuyendo hasta finalizar la vía. También, habrá que mencionar que la carretera es menos sinuosa en el sentido de Cerceda a Colmenar Viejo y que las variaciones del grado de sinuosidad no son bruscas, variaciones bruscas de sinuosidad de una curva a otra podría provocar accidentes. En general, existe una regularidad en el trazado horizontal.

Las tablas de los grados de sinuosidad en ambos sentidos se adjuntan en el ANEXO 1.

Revisión de la Normativa

Se realizó una revisión del trazado en planta utilizando el programa CLIP. De manera informativa, ya que el trazado realizado en su momento fue diseñado con la normativa anterior y tampoco supone un factor importante a la hora de la toma de decisiones en la carretera.

La revisión de la normativa nos dice que el trazado en planta presenta problema de rectas cortas, que las variaciones de los azimuts son menores que los deseables y que existen tramos donde la Clotoides son cortas.

La tabla de la revisión de la normativa se muestra en el ANEXO 1.

1.1.1.2. Trazado del alzado

El trazado en alzado también se obtuvo como resultado de una aproximación de los datos otorgados por la Dirección General de Carreteras y se utilizó el CLIP para su trazado.

En general la carretera es llana, sin variaciones importantes en las rampas o pendientes. En los primeros kilómetros disminuye el alzado va disminuyendo su cota y luego de atravesar por el puente de Manzanares el Real, eleva su cota de manera constante con pendientes casi no mayores del 5 %.

ELEMENTO	CANTIDAD	CARACTERÍSTICAS		
		TIPO	MIN.	MÁX.
RECTA	37	RAMPA	0.2 %	4.35 %
		PENDIENTE	-0.2 %	-4.97 %
CURVA	35	CONCAVO (Kv)	4348	12000
		CONVEXO (Kv)	7125	10000

Tabla 2. Resumen de los elementos del alzado.

La tabla completa se muestra en el ANEXO 1.

Revisión de la Normativa

El alzado presenta valores mínimos de Kv en la mayoría de los acuerdos verticales. También presenta valores mínimos a los recomendables en algunos tramos de rampa o pendiente.

Esto es debido a que se aproximó lo mejor posible la rasante a la elevación del terreno. Dicha rasante nos servirá para el análisis de visibilidad.

1.1.1.3. Coordinación planta – alzado.

El trazado tanto en planta como en alzado se debe de coordinar de tal manera que el usuario de la vía pueda transitar sobre ella con total comodidad y sin problemas de seguridad.

La norma 3.1-IC Trazado del 2016 clasifica las descoordinaciones del trazado en tres grupos:

-Pérdida de trazado. Consiste en la desaparición de un tramo de la plataforma en una alineación recta del campo visual del conductor. La pérdida de trazado será múltiple si desaparecen varios tramos.

-Pérdida de orientación. Consiste en la desaparición total de la plataforma del campo visual del conductor con incertidumbre sobre la posible trayectoria a seguir

-Pérdida dinámica. Consiste en la desaparición parcial de la plataforma y en particular de alguna de sus características que permiten al conductor el guiado del vehículo (peralte, longitud de elementos, etc.)

A continuación se mostrará el análisis de la coordinación alzado – planta utilizando el programa CLIP.

Análisis sentido Colmenar Viejo - Cerceda



Figura 1. PK: 0+566. Pérdida de trazado



Figura 2. PK: 1+226. Pérdida de orientación.



Figura 3. PK: 2+146. Pérdida de orientación



Figura 4. PK: 3+286. Pérdida de orientación.



Figura 5. PK: 4+406. Pérdida dinámica.



Figura 6. PK: 5+246. Pérdida de orientación.



Figura 7. PK: 5+946. Pérdida de orientación.



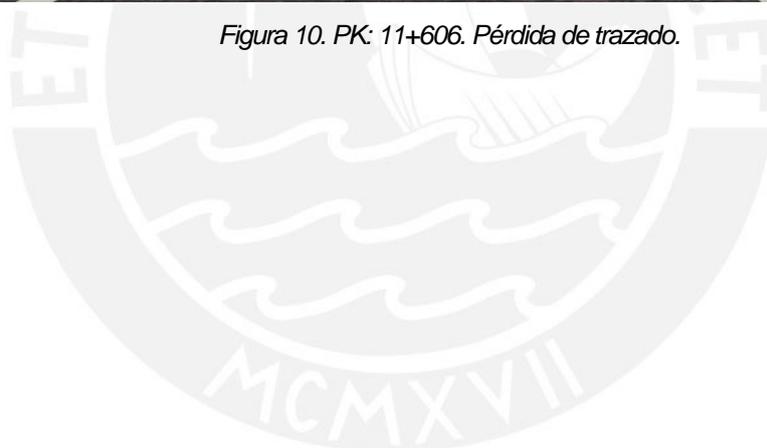
Figura 8. PK: 6+526. Pérdida de trazado.



Figura 9. PK: 8+920. Pérdida de trazado y orientación.



Figura 10. PK: 11+606. Pérdida de trazado.



Análisis sentido Cerceda – Colmenar Viejo



Figura 11. PK: 11+886. Pérdida de orientación.



Figura 12. PK: 11+206. Pérdida de orientación.



Figura 13. PK: 10+646. Pérdida del trazado.



Figura 14. PK: 9+194. Pérdida de orientación.



Figura 15. PK: 9+006. Pérdida de orientación.



Figura 16. PK: 8+679. Pérdida de orientación



Figura 17. PK: 7+826. Pérdida dinámica.



Figura 18. PK: 7+526. Pérdida de trazado.



Figura 19. PK: 7+186. Pérdida del trazado.



Figura 20. K: 6+666. Pérdida dinámica.



Figura 21. PK: 6+266. Pérdida de orientación.



Figura 22. PK: 5+306. Pérdida de trazado.



Figura 23. PK: 4+386. Pérdida de orientación.



Figura 24. PK: 4+294. Pérdida de trazado.



Figura 25. PK: 4+227. Pérdida de orientación y trazado.



Figura 26. PK: 3+748. Pérdida de trazado.



Figura 27. PK: 2+437. Pérdida de orientación.

El análisis muestra que existe repetidas pérdidas de orientación en ambos sentidos, así como problemas de pérdida de trazado. Estos defectos en el trazado causan incomodidad al usuario de la vía e incluso problemas de visibilidad. Para evitar estos problemas la normativa recomienda que los acuerdos verticales se desarrollen dentro de las curvas horizontales.

1.1.1.4. Análisis de consistencia de la vía.

Los conductores se adaptan al trazado que se van encontrando en esto influye la experiencia del conductor en este tipo de carreteras. La consistencia trata de relacionar las características geométricas que existe en la carretera con lo que espera encontrar el conductor. Si las características geométricas esperadas son iguales a la que existe en la carretera entonces la carretera es consistente, minimizando la posibilidad de cometer errores y que realicen maniobras inseguras, a menor consistencia mayor siniestralidad. El análisis de consistencia se analiza normalmente con el perfil de velocidades.

Para el análisis de consistencia de la vía se realizó dos estudios, uno por sentido.

Sentido Colmenar Viejo - Cerceda

Los datos de velocidades de entrada y salida son 100 Km/h y 70 Km/h respectivamente. Se obtuvo los siguientes resultados.

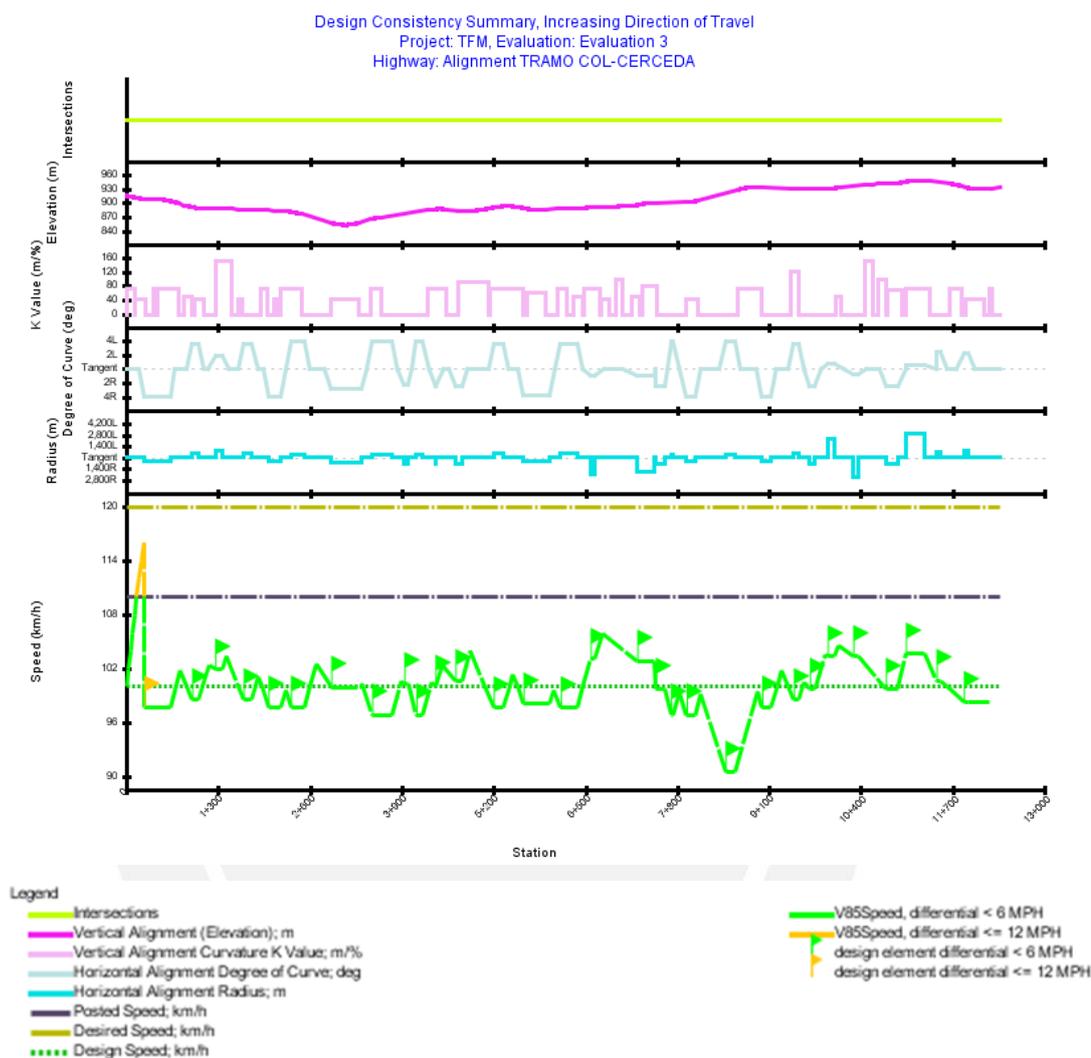


Gráfico 1. Perfil de Velocidades en sentido Colmenar Viejo– Cerceda.

En este sentido, se puede observar que existencia una buena consistencia de la carretera, teniendo diferencia de velocidades entre la V85 y la Vdiseño con valores menores a 6 MPH. En la primera curva de la carretera donde se realiza un cambio brusco de velocidades; sin embargo, no supera las 12 MPH .

Sentido Cerceda – Colmenar Viejo

Los datos de velocidades de entrada y salida son 70 Km/h y 80 Km/h respectivamente. Se obtuvo los siguientes resultados.

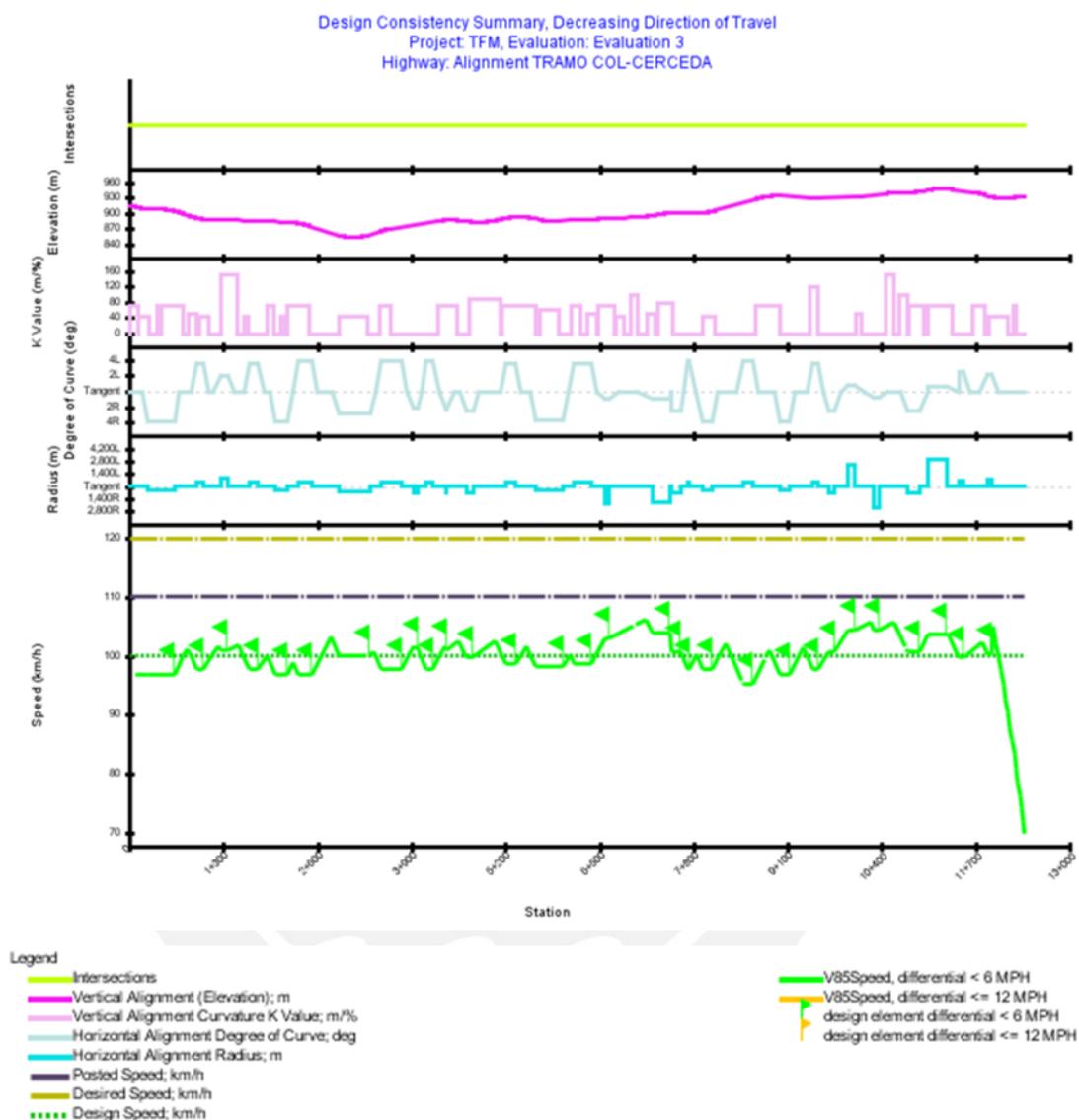


Gráfico 2. Perfil de Velocidades en sentido Colmenar Viejo– Cerceda.

En este sentido, no existen problemas de consistencia en todo el recorrido de la carretera.

En general, la carretera actual es consistente tanto de sentido de ida como de vuelta. Las tablas anexas del análisis de consistencia se adjuntan en el ANEXO 1.

1.1.1.5. Análisis de visibilidad.

El conductor del vehículo requiere una visibilidad mínima del tramo de la vía para realizar las maniobras con comodidad y seguridad, la cual dependerá la velocidad de circulación y del tipo de maniobra que este realice. La normativa considera los diferentes tipos de visibilidad: parada, adelantamiento, decisión y cruce. Para el análisis de visibilidad de parada se considerará lo siguiente:

Distancia mínima	2,000	Altura observador	1.100
Intervalo de cálculo	20	Altura objeto	0.500
Velocidad de cálculo	100	Dist. borde de calzada	1.500
		Despeje	5.000

La visibilidad de parada se debe de comparar con la distancia de parada, distancia mínima requerida para que el vehículo se detenga por completo. Se realizó el análisis de visibilidad con el programa CLIP para ambos sentidos de circulación (Colmenar viejo-Cerceda y Cerceda-Colmenar Viejo).

Sentido Colmenar Viejo-Cerceda

Se consideran estos tramos como lo que tienen más problemas de visibilidad de parada.

Prog. Inicial	Prog. Final	V. max. (Km/h)	Error (m)
0+140.00	0+540.00	89	-36
1+920.00	2+100.00	90	-34
5+520.00	5+900.00	88	-43
7+840.00	7+980.00	91	-28
8+900.00	9+040.00	90	-31

Tabla 3. Visibilidad sentido Colmenar Viejo-Cerceda.

Se observa que los tramos donde existen mayores problemas de visibilidad, son tramos con grados de sinuosidad mayores a 0.1, por lo que es un problema de giro que también se combina con la rasante del terreno (desniveles).

Sentido Cerceda – Colmenar viejo

Se consideran estos tramos como lo que tienen más problemas de visibilidad de parada.

Prog. Inicial	Prog. Final	V. max. (Km/h)	Error (m)
8+740.00	8+560.00	87	-46
6+460.00	6+260.00	95	-18
5+420.00	5+300.00	96	-14
4+300.00	4+200.00	89	-38
3+860.00	3+560.00	88	-40
2+560.00	2+440.00	94	-16

Tabla 4. Visibilidad sentido Cerceda – Colmenar Viejo.

Se observa que existe una mayor cantidad de tramos donde no cumple la visibilidad en este sentido, de los cuales los tramos críticos también tienen una relación con un grado de sinuosidad cercanos o mayores a 0.1.

1.1.2. Análisis estructural.

Los parámetros más relevantes y que condicionan la vida útil son:

-**La capacidad portante:** representado por el valor de la flexión: a mayor deflexión, menor vida residual.

-**Rozamiento transversal:** Grado de resistencia del deslizamiento del firme. Al ser la fricción pavimento – neumático lo que establece el deslizamiento el CRT depende de la condiciones de firme como el estado de los neumáticos, velocidad del vehículo y climatología.

-**Regularidad:** medido por el IRI, grado de confort que los usuarios perciben durante la rodadura del vehículo. Importa el coeficiente puntual como en tramos adyacentes. Según la normativa 6.3 IC- Rehabilitación de Firmes, habrá que realizar trabajos de rehabilitación cuando el estado de la carretera supere los siguientes valores.

Deflexión ($10^{-2}mm$)	CRT	IRI
>150	<45	>4

Tabla 5. Umbrales para actuaciones de rehabilitación del firme. Fuente: Dirección general de Carreteras de Madrid.

Los valores obtenidos con los datos otorgados por la Dirección General de Carreteras, nos muestra que el tramo a estudiar tienen los siguientes valores:

Deflexión ($10^{-2}mm$)	CRT	IRI
131	61	3.3

Tabla 6. Resumen del estado del pavimento con las mediciones realizadas en el año 2008.

Posteriormente, extrapolándolo al año de estudio se obtiene lo siguiente:

Deflexión (10 ⁻² mm)	CRT	IRI
151.1	70	5

Tabla 7. Estado del pavimento extrapolado al año de estudio.

Los datos muestran que la deflexión es casi el máximo, los datos del CRT y del IRI sí superan los valores para no realizar una rehabilitación. Sin embargo, se realizaron trabajos de rehabilitación del firme en el año 2013. Por lo que, no será necesario realizar una rehabilitación estructural, pero sí una rehabilitación superficial, con el objetivo de uniformizar el firme nuevo con el antiguo.

La carretera, en su estado actual, no requiere de una rehabilitación estructural y superficial. Sin embargo, se realizará una rehabilitación superficial realizando un fresado de 5 cm el cual será reemplazado por una nueva capa de pavimento con mejores propiedades de adherencia, con el objetivo de uniformizar la vía y mejorar la calidad de servicio.

Los datos de estudios de deflexiones y CRT se adjuntan en el ANEXO 1.

1.2. Inventario de elementos de la carretera.

La carretera M-607 entre el tramo de Colmenar Viejo y Cerceda, está compuesta de obras de drenaje transversales y longitudinales, pasos a desnivel, así como puntos turísticos, entre otras infraestructuras.

1.2.1. Estructuras.

Puente sobre el ferrocarril

Ubicado en la progresiva 1+620 m. Atraviesa el ferrocarril por la parte superior. Es una estructura compuesta de un vano de 13.40 m con un ancho de 12 m.

Paso sobre el canal Santillana

Ubicado en la progresiva 2+720 m. Tramo de un vano de 10 m aproximadamente y de ancho de 12 m que atraviesa el canal de Santillana.

Puente sobre el Río Manzanares

Ubicado entre las progresivas 2+970m a 3+100 m aproximadamente. Su desarrollo en planta es una curva, presenta 6 vanos (4 de 25 m, luego uno de 40 m y otro de 25 m al final) y está formado por dos arteras de 1.7 m de canto que conforman un ancho de 11.50 m.

Cruce con paso inferior

Ubicado en la progresiva 10+580 m. Tiene una longitud de 10 m aproximadamente, permite el pase de animales.

Puente sobre el Río Samburriel

Ubicado en la progresiva 12+040 m cerca de la entrada a Cerceda. Es un puente compuesto de tres arcos de hormigón en masa de 7.5 m de vano cada uno, con un ancho de 12 m.

1.2.2. Obras de drenaje.

Obras de drenaje transversales

En el tramo existen 26 obras de drenaje transversal. Las cuales se encuentran en buen estado y tienen la capacidad de disipar el agua proveniente de las cuencas de la zona. Por lo que en la medida de lo posible se realizará la limpieza en todas y se ampliarán las que se vean convenientes.

Obras de drenaje longitudinales

Están compuestos por tramos de cunetas (lado derecho 7220 m y lado izquierdo 4710 m) y pasos salvacunetas (17 unid.) en todo el tramo.

Las cunetas son de sección triangular de 1m de ancho (0.70m + 0.30m) y 0.30 m de profundidad. Los pasos salvacunetas se construyen con el fin de asegurar la continuidad de las cunetas, estas tienen un diámetro de 500 mm envueltas de hormigón en masa y hormigón armado en la parte superior. Ambas obras se encuentran en buen estado, reciben y transportan adecuadamente el agua captada por la plataforma. Se optará por realizar la limpieza en los tramos que lo requiera. Se adjunta el plano de la ubicación de las obras de drenaje .

1.2.3. Vías pecuarias.

En el tramo existe la presencia de caminos y vías pecuarias las cuales serán afectadas por la duplicación, en concreto se afecta a las cañadas que atraviesan la vía por debajo de esta, las cuales tienen un carácter de espacio público. Las cañadas afectadas son la de Zahurdón y Real Segoviana las cuales atraviesan la vía mediante pasos inferiores.

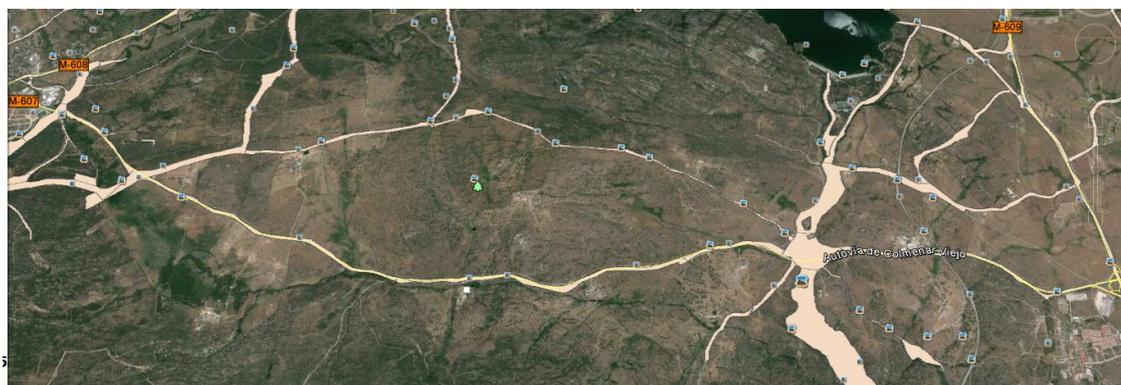


Figura 28. Imagen satelital de las vías pecuarias en el tramo. Fuente: Google Earth.

1.2.4. Carril bici.

Se destaca la presencia de ciclistas en la vía, quienes realizan desplazamientos en la carretera de Colmenar Viejo. Las infraestructuras de ciclovías existentes y que conectan a la carretera de Colmenar Viejo son:

Desde Colmenar Viejo, La ciclovía paralela a la M-607 que sale desde Tres Cantos hasta el enlace por la M-609 en donde continúa con su trayectoria en dirección a Soto el Real por la M-609 y la ciclovía que viene desde Colmenar Viejo la cual se conecta con la con la descrita anteriormente.

Desde Cerceda, en la locación de Cerceda no existe ciclovía que conecte a la carretera de Colmenar Viejo, puede ser un proyecto a futuro la realización de la infraestructura de un carril bici que conecte Cerceda hasta el tramo final de la M-607.

La belleza paisajística, la pendiente llana del tramo, la conectividad de los carriles bici que provienen de Colmenar Viejo y la distancia relativamente cercana entre Colmenar Viejo - Cerceda son un atractivo para los ciclistas quienes se desplazan por la carretera por el lado del Arcén en ambos sentidos. Esto puede ser causante de posibles accidentes debido a la falta de visibilidad, la sinuosidad de la vía y la alta velocidad de desplazamiento de los coches con respecto a los ciclistas, afectan en mayor medida a los ciclistas. Por esto, surge la necesidad de conectar los carriles bici que llegan hasta el enlace de la M-607 con la M-609 con un nuevo carril bici que conecte Colmenar Viejo hasta Cerceda y con una posible ampliación hasta la finalización de la M-607.



Figura 29. Imagen satelital de los carriles bici de Colmenar Viejo en conexión con la M-607. Fuente: Google Earth.

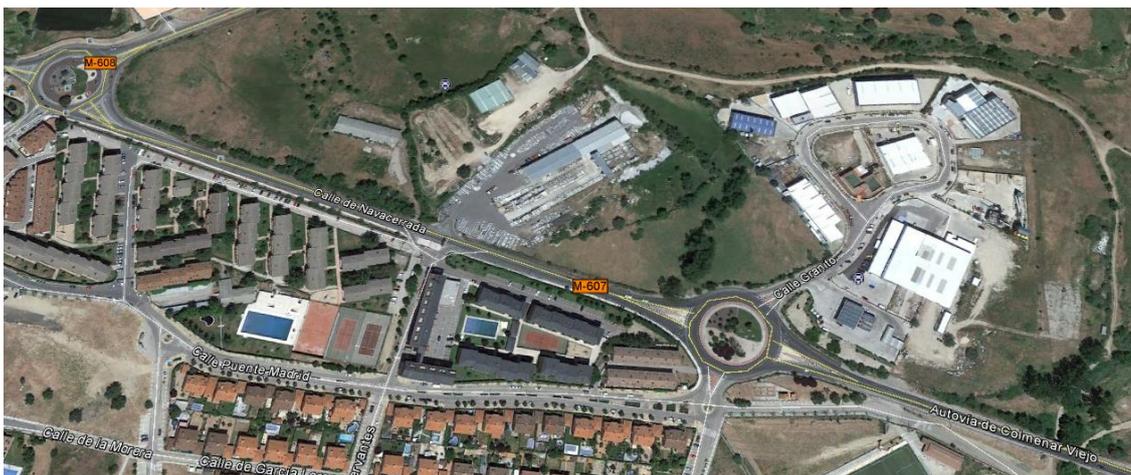


Figura 30. Imagen satelital de carriles bici en Cerceda en conexión con la M-607. Fuente: Google Earth.

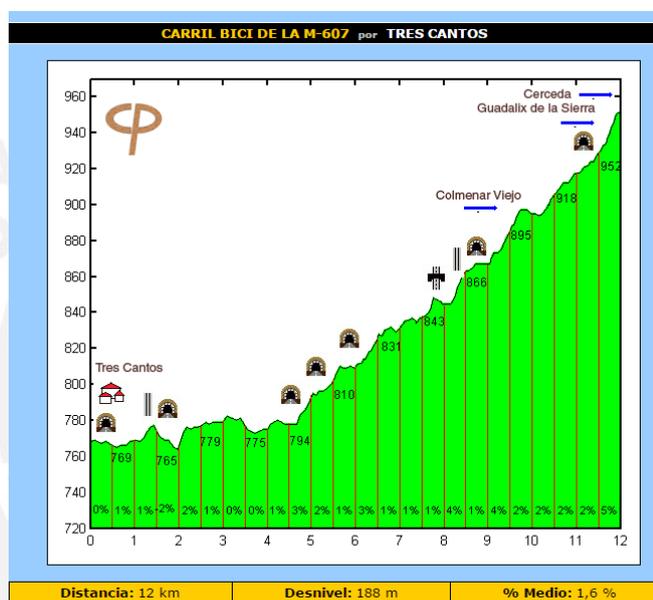


Figura 31. Itinerario de carril bici desde Tres Cantos hasta el Enlace con la M-609.

1.2.5. Señalización.

Con el objetivo de mejorar la seguridad vial, en el año 2013 se instalaron barreras metálicas flexibles a lo largo del tramo de la carretera, así como la mejora de las señalizaciones verticales y horizontales. Los elementos de seguridad que comprenden el tramo son los siguientes:

Elemento	Und	Cant
Barreras metálicas	m	18148
Adelantamiento carril derecho	m	1138
Adelantamiento carril izquierdo	m	1167
Elementos de señalización vertical	und	200
Balizas intersecciones normales	und	23
Balizas intersecciones grandes	und	1
Balizas en los lados de la vía	und	130

Tabla 8. Resumen de elementos de señalización.

1.3. Análisis de accidentalidad.

En cuanto al análisis de seguridad en el tramo a analizar se obtuvo información de los tramos de alta accidentalidad en la M-607, donde se especifican la ubicación puntos kilométricos donde ocurrieron accidentes y la peligrosidad de cada uno de ellos.

La M-607 es una de las carreteras de importancia en la Comunidad de Madrid conecta la ciudad a través de distintas poblaciones hasta el puerto de Navacerrada. Al principio del recorrido es una autovía de gran capacidad (3 carriles por sentido) hasta llegar al enlace con la M-609, en donde se convierte en una carretera convencional de un carril por sentido. Por lo que, los altos índices de IMD al inicio de la vía genera a la vez mayor probabilidad de accidentalidad, mientras que al final de tramo la probabilidad de accidentalidad es menor medida debido a la IMD se reduce a la mitad con respecto al tramo anterior, tal como se indica en el análisis de tráfico.

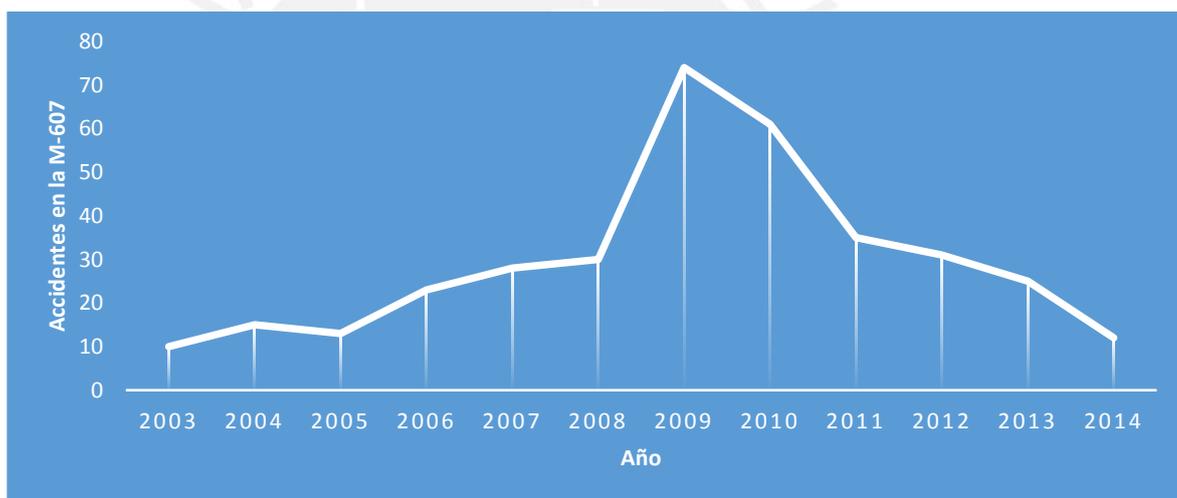


Gráfico 3. Número total de accidentes en la M-607.

Como se observa en la gráfica hubo mayor accidentalidad entre los años 2009 (donde también existe el mayor valor del IMD) posteriormente va bajando la accidentalidad, por razones de acondicionamientos en la carretera y, a la vez, por la disminución de vehículos que circulan por esta vía.

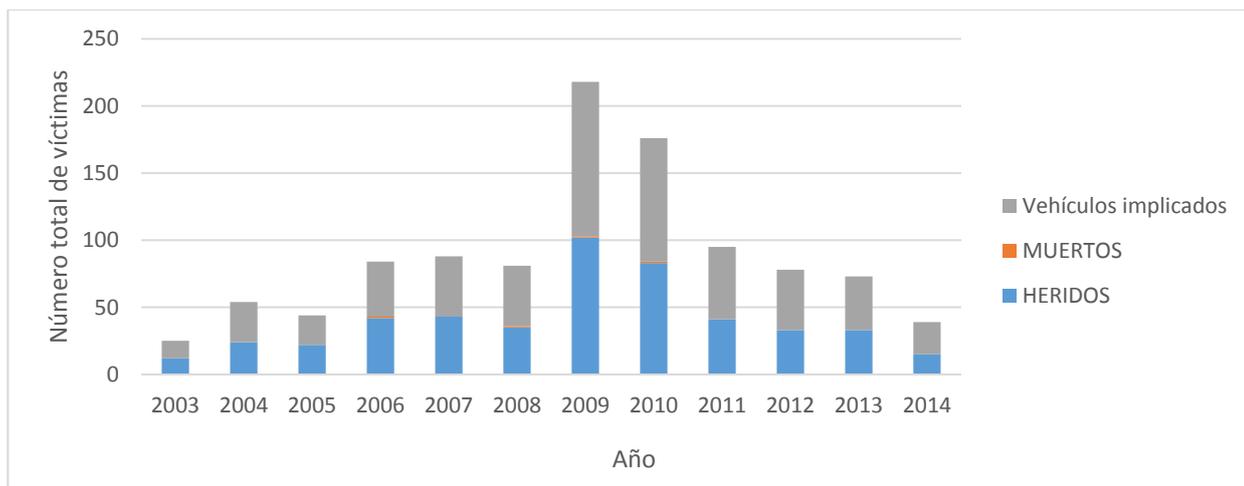


Gráfico 4. Vehículos implicados Número de muertos y heridos por año en la M-607.

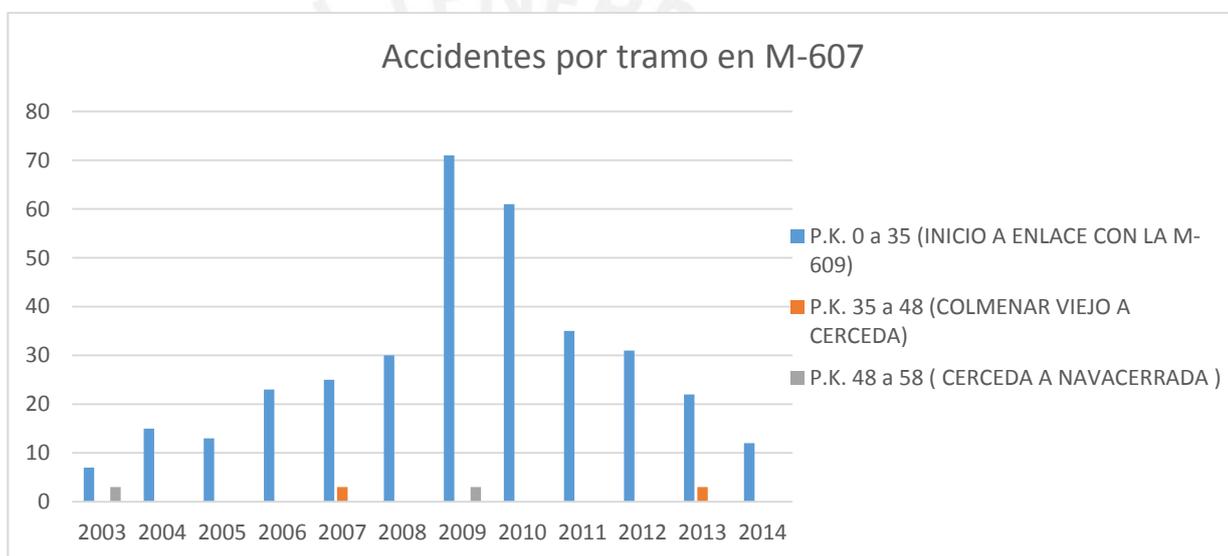


Gráfico 5. Número de accidentes por tramos en cada año.

Al analizar el tramo entre Colmenar Viejo y Cerceda (P.K. 36 y P.K. 48) no existen ratios de alta accidentalidad en cada año a comparación con el tramo inicial de la carretera o en todo caso la cantidad de tramos de alta accidentalidad son menores de 5. Como se muestra en la gráfica se reportaron tramos de alta accidentalidad en el 2007 y en el 2013 más no en otros años. Por lo que, en general se puede decir que no es un tramo de alta peligrosidad para los usuarios de la red viaria de Comunidad Autónoma de Madrid.

1.3.1. Accidentalidad entre los PK 36 y 48.

Accidentes

De los datos de accidentalidad en los años 2010 a 2014 obtenidos de la DGT. Se observa que los accidentes se redujeron considerablemente después del año

2010, luego sube ligeramente en 2012 o se mantiene casi constante. Esta grafica está relacionada por el tráfico de vehículos en la zona.

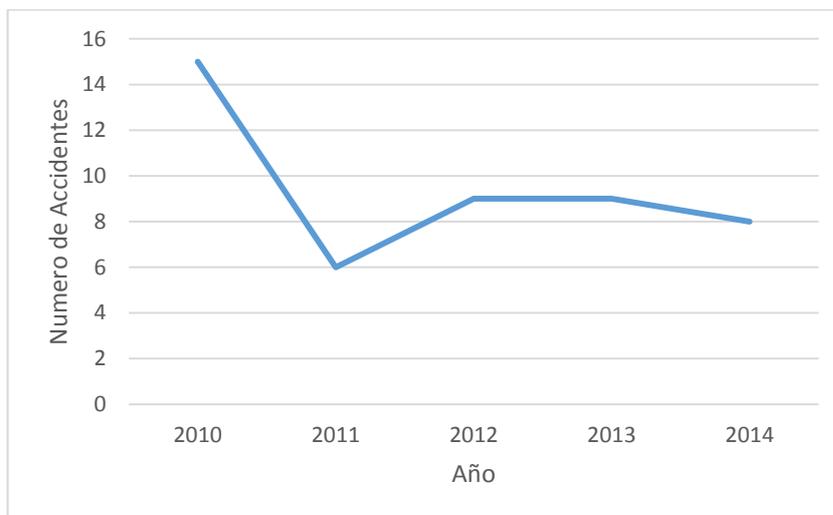


Gráfico 6. Cantidad de accidentes entre los PK. 36 y 48.

Análisis de víctimas

La cantidad de heridos en todos los años hasta el 2013 son parecidos y sólo existen casos de muertes en 2010 y 2013. En el 2014 , a pesar de que hubo mayor cantidad de víctimas no hubo ningún fallecido ni heridos graves, puede ser gracias a las obras de mejora en la carretera durante el 2013.

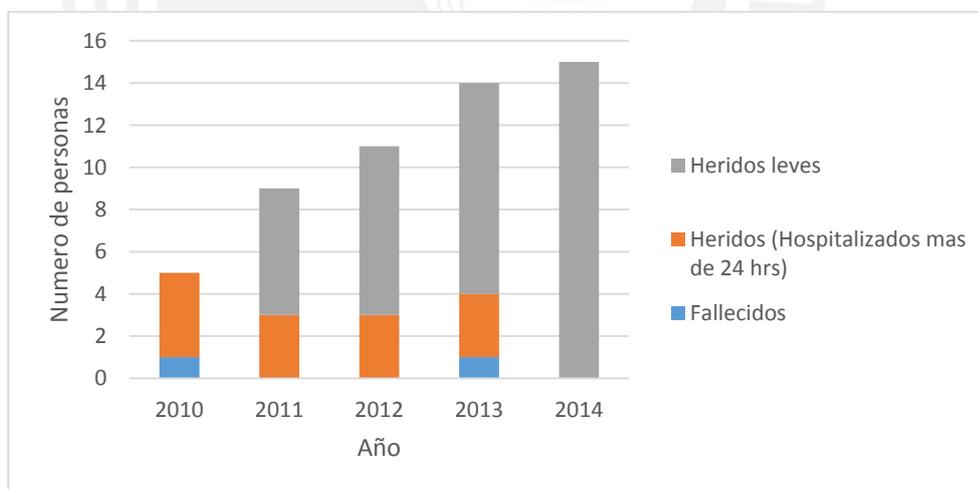


Gráfico 7. Tipo de víctimas por año.

Tipo de accidente

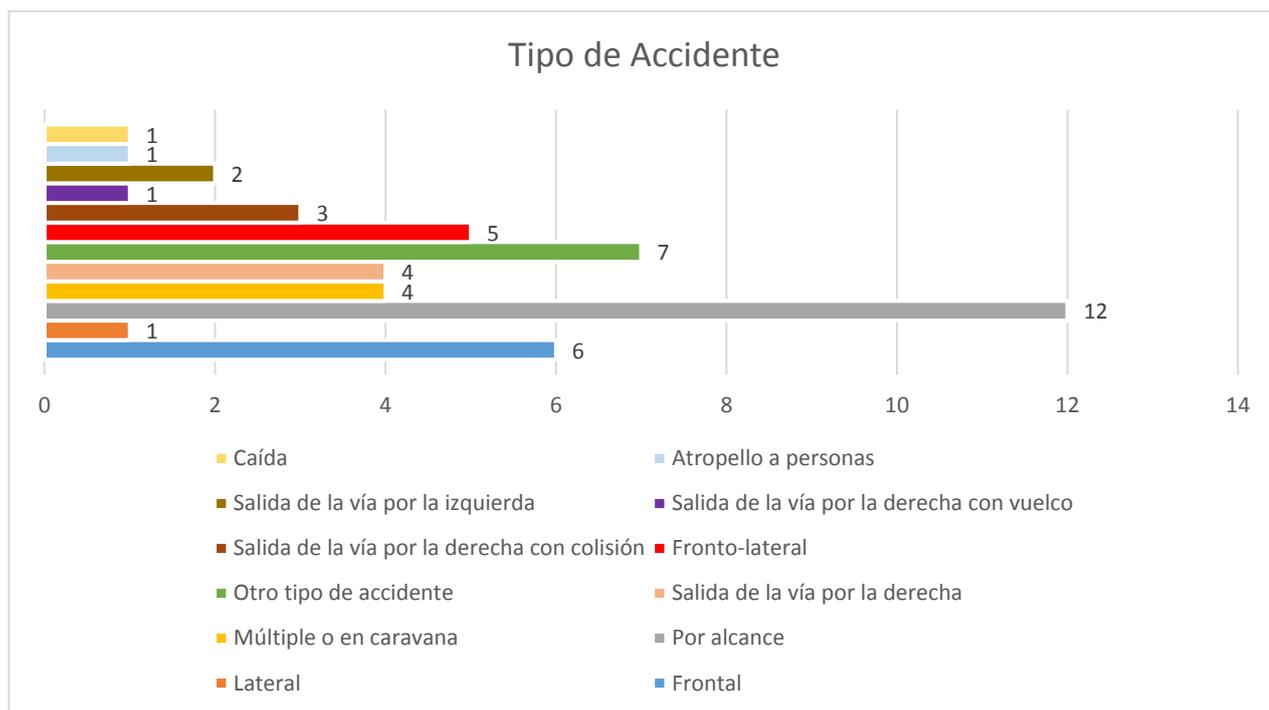


Gráfico 8. Tipo de accidente.

El tipo de accidente más común en estos años es el accidente por alcance, seguido del frontal, fronto-lateral y frontal.

Durante la visita de campo se observó que hay elementos de la señalización o barreras metálicas dañados posiblemente por accidentes esporádicos en la carretera. Dichos accidentes se puede suponer que son producto de la poca visibilidad en algunos tramos de la vía en los cuales el conductor realiza una maniobra de adelantamiento donde se encuentra con un vehículo en sentido contrario que es forzado a realizar un giro hacia el arcén impactado o raspando las barreras metálicas que limitan este.



Figura 32. Abolladura de la barra metálica.



Figura 33. Huella de frenado en la plataforma y unos metros más adelante existen abolladuras en los apoyos de a barreras metálicas.



Figura 34. Barrera metálica desacoplada de sus apoyos posiblemente por un impacto con un vehículo.

1.4. Análisis de afección al Medio Ambiente.

La carretera como se muestra, en la introducción del proyecto conecta Cerceda y Colmenar Viejo, poblaciones que forman parte del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares, el cual fue creado con la necesidad de proteger y potenciar un entorno medioambiental, que alberga singulares y altos valores naturales, paisajísticos, culturales y agropecuarios, y que constituye un elemento estructurador de un territorio tan humanizado como es el de la Comunidad de Madrid.

1.4.1. Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares.

Zonificación

El Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares se encuentra situado en la región central de la Península Ibérica, en territorio de la Comunidad de Madrid y al noroeste de la capital. Sus cota máxima y mínima oscilan entre los 2.383 metros del Pico Cabeza de Hierro y los 720 metros del Soto de Viñuelas. Biogeográficamente, el Parque pertenece a la región mediterráneo-ibero-atlántica, provincia carpetano ibérica y sector guadarrámico, abarcando además los distritos

guadarramense y matritense. El límite septentrional del territorio es la Cuerda Larga de la Sierra de Guadarrama, que actúa, por un lado, de contrafuerte meridional del Valle de Lozoya y, por otro, de apoyo norteño al macizo de «La Pedriza» de Manzanares. Por el sur, y tras el escalón de la falla de Torrelodones, el Parque limita con el monte de El Pardo, incluyendo al este el Soto de Viñuelas, de especial interés conservacionista. Abarca los términos municipales de Manzanares El Real, Colmenar Viejo, Hoyo de Manzanares, Madrid, Morlarzal, Las Rosas, Soto del Real, Becerril de la Sierra, Navacerrada, San Sebastián de los Reyes, Alcobendas, Collado-Villalba, Tres Cantos, Galapagar, El Boalo, Torrelodones, Cercedilla y Miraflores de la Sierra. Teniendo en total 46.728 Ha y están divididos en siete tipos de zonas.

Zonificación del Parque	Superficie Parque (%)
Reserva Natural Integral (A1)	18
Reserva Natural Educativa (A2)	22
Parque Comarcal Agropecuario Protector (B1)	21
Parque Comarcal Agropecuario Productor (B2)	22
Parque Comarcal Agropecuario a regenerar (B3)	4
Áreas a ordenar por planteamiento (P)	8
Área de Transición (T)	5

Tabla 9. Zonificación del Parque, Fuente: Plan Rector de uso y gestión del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares 1997.

Zonificación del Parque	% del Término en el Parque	Superficie Parque (%)
Manzanares el Real	100	26.51
Colmenar Viejo	26	11.84
Hoyo de Manzanares	100	9.54
Madrid	9	11.29
Moralzarzal	63	5.83
Las Rozas	38	4.61
Soto del Real	5	3.13

Becerril de la Sierra	56	3.52
Navacerrada	47	3.17
San Sebastián de los Reyes	16	2.04
Alcobendas	9	1.00
Collado-Villalba	40	2.16
Tres Cantos	---	5.07
Galapagar	7	1.10
El Boalo	77	6.36
Torrelodones	62	2.84

Tabla 10. Términos municipales y superficies relativas implicadas en el Parque Regional. Fuente: Plan Rector de uso y gestión del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares 1997

Clima

Depende de la altitud, régimen del viento o la orografía. Por otro lado, existen zonas boscosas, lagunas que constituirán microclimas específicos.

Temperatura anual 13.5 °C.

Existen los diferentes tipos de invierno según la altitud:

Tipo de invierno	Temperatura en el mes más frío	Altitud
Invierno fresco	0 °C a -3°C	500 y 1000 m
Invierno frío		1000 y 1600 m
Invierno muy frío	-3°C a -6°C	1600 y 2000 m
Invierno extremadamente frío	-6°C	Más de 2000 m

Tabla 11. Temperaturas durante el invierno según altitud. Fuente: Plan Rector de uso y gestión del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares 1997

Por otro lado, la precipitación media oscila entre los 450 mm en el Entorno de El Pardo.

Geología

Existen dos dominios geológicos diferentes: del norte, donde afloran rocas pertenecientes al zócalo hercínico del Sistema Central, y el meridional en el que se encuentran los sedimentos constituyentes del relleno de la depresión del Tajo. Está formado fundamentalmente por rocas graníticas y, en menor proporción de metamórficas.

En la zona de la carretera de Colmenar viejo, se han encontrado afloramientos de las distintas facies graníticas, la distribución volumétrica está en función del gradiente geotérmico, observándose un paso en abundancia de este a oeste, pasando de pequeños macizos graníticos incrustados en rocas metamórficas a la coalescencia de diversas configuraciones, que separan restos de rocas metamórficas

incluidos en ellos. Los materiales encontrados son un conjunto de rocas ígneas y leucogranitos de grano fino-medio.

Los granitos afloran a lo largo de toda la traza, los primeros lo hacen formando alomadas de escaso relieve, debido a su tamaño medio a grueso, por otro lado, los leucogranitos dan mayores resaltes topográficos, ya que son más resistentes a la erosión.

Los materiales que recubren a las rocas graníticas son, en su mayoría productos de su propia meteorización, consistiendo en arenas de granulometría heterogénea y con mayor o menor proporción de la matriz limos y arcillas en función del grado de evolución de los suelos. Aparecen puntualmente depósitos más arcillosos, que corresponden a sedimentos de vaguadas, observándose también algunas zonas sedimentos detríticos gruesos arenas y gravas, ligadas a depósitos aluviales de la red hidrológica actual (arroyos tributarios de la Cuenca del Manzanares).

Especies dominantes

Conforme al criterio de inserción en el medio y restauración ecológica, en los tramos de entorno natural las principales especies empleadas son:

Arboles: *Quercus Ilex Rotudifolia* (encina), *Pinus Pinaster* (Pino), *Juniperus* (Enebro), *Cupresus* (Ciprés).

Arbustos: *Genista*, *Timus*, *Rosmarinus Offinalis*, *Cistus*, *Lavándula*.

Hidrología

El parque comprende tres cuencas: Cuenca del Manzanares, del Jarama y de Guadarrama. El Manzanares pertenece a la cuenca del Tajo y desde su nacimiento, en la base del alto de la Guarramillas, numerosos arroyos van a verter sus aguas configurando el caudal del río.

Al sur del pueblo de manzanares, en río y otros arroyos forman el embalse del Santillana, del que parte el canal del mismo nombre agua potable a Madrid. Nada más dejar el embalse de Santillana y hasta el embalse de El Pardo, la contaminación comienza a ser acusada debido a algunos arroyos que vierten al Manzanares y que proceden de núcleos industriales y poblacionales cercanas.

Las aguas subterráneas, en el ámbito granítico de la sierra se localiza parte de un importante sistema acuífero subterráneo, conocido como <<Terciario detrítico de Madrid-Toledo-Cáceres>>, el cual presenta la zona más permeable en Madrid. En donde el suelo funciona como un acuífero libre, de media a baja permeabilidad que recarga agua a partir de la infiltración de la lluvia y descarga en los ríos. Al ser los valles zonas de descarga el nivel piezométrico en los mismos está en menor

profundidad, por lo que surgen pozos , lo cual no ocurre debido a la sobreexplotación del acuífero.

Arqueología

Existen hallazgos de yacimientos paleolíticos en las terrazas del Manzanares, así como hallazgos correspondientes a la Edad del Bronce en “La Pedriza”. También la presencia romana y visigoda está también en las zonas de Manzanares. La época más representativa es la Medieval, reflejada en los términos de Hoyo de Manzanares, Torreledones y, principalmente, Colmenar Viejo existiendo referencias y restos desde el siglo XII. Finalmente, la época islámica está representada por restos encontrados en Hoyo de Manzanares.

Actuaciones previas con respeto a la afección al medio ambiente

En los proyectos anteriores, este fue el principal condicionante en actuaciones de acondicionamiento de la vía, debido a que una ampliación de la plataforma conlleva a una modificación del paisaje y la incursión de terrenos pertenecientes al Parque Regional, afectando a las especies que viven en ella (flora y fauna).

Sólo se han realizado modificaciones con respecto al trazado de la vía, ampliaciones mínimas de los carriles existentes y la rehabilitación de firmes, evitando así la menor afección al medio ambiente. En todo caso, para aminorar el impacto en el Parque Regional, se realizó acondicionamientos medioambientales y paisajísticos. El acondicionamiento paisajístico tenía como objetivos la colaboración de la buena lectura de la carretera y desde un punto de vista estético, la restauración de las heridas abiertas en el paisaje natural por la construcción de la nueva infraestructura.

Se intervino exclusivamente en las zonas donde se tuvieron que remodelar los taludes, ya que en el resto apareció la vegetación de manera espontánea. En los nuevos desmontes, se presentaron taludes en roca, de los cuales sólo se intervino los de mayor entidad, con tratamiento previo de los taludes que permitió abrir espacios de banales para la inserción de plantaciones. En los terraplenes se actuó de modo generalizado con plantaciones.

1.5. Tráfico y movilidad.

1.5.1. Análisis de tráfico actual y futuro.

Los datos de tráfico se obtuvieron del estudio de tráfico realizado por la Dirección General de Carreteras de Madrid. Para este estudio se obtuvo información de los informes del 2010 y del 2014 de donde se obtuvo la siguiente información:

Intensidad Media Diaria									
Tramo de M-607	P.K.	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
M-618 a M-609	34.75	26832	27690	31097	29754	29577	28814	29702	29046
M-609 a Cerceda	37.50	17185	16308	16560	15234	13693	14211	14014	14075
Cerceda a M-617	50.41	14513	13018	13489	11732	12364	11822	11938	12176
M-617 a Navacerrada	57.30	4981	4779	4948	4746	4875	4448	4233	4199

Tabla 12. Evolución del IMD a través del tiempo y por tramos de la M-607. Fuente: Dirección General de Carreteras de Madrid.

Se observa que al 2014 entre el tramo de Colmenar Viejo y Cerceda existe un valor de IMD de 14075 vehículos/día en el tramo a analizar. Antes del enlace con la M-609 la M-607 tenía una IMD de 29046 vehículos/día. Por lo que, el tramo posterior al enlace absorbe aproximadamente la mitad de los viajes que vienen desde Madrid por la M-607 y que el resto del tráfico perdido sigue su itinerario de viaje hacia el norte utilizando la M-609. Al pasar la glorieta que conecta con la M-617 se obtiene un valor de IMD de 12176 vehículos/día, los 2000 vehículos/día restantes se distribuyen hacia El Boalo, Manzanares el Real. Pasando la M-617 se obtiene un valor de 4199 vehículos/día quienes conectan al final de la M-607 con la M-601 para ir hacia el puerto de Navacerrada y el resto de vehículos se distribuyen entre los pueblos como Becerril de la Sierra.

Tipo de servicio de la carretera

Los datos de la IMD fueron disminuyendo desde el año 2007, aumentando ligeramente en el 2009. Posteriormente llegó a su valor más bajo en el 2011 y fue aumentando de manera constante hasta el 2014.

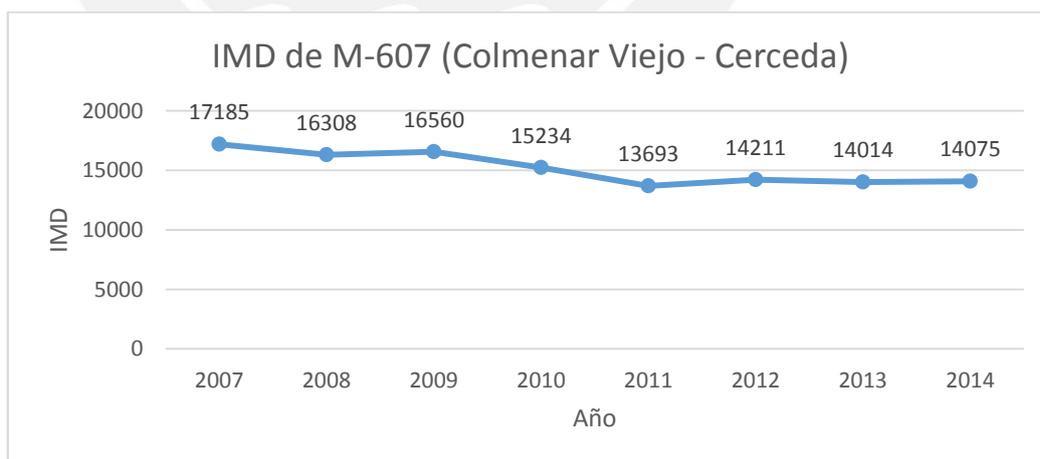


Gráfico 9. Evolución de la IMD en tramo Colmenar Viejo - Cerceda

Por otro lado, al analizar la tendencia del PIB durante los mismos años, se puede inferir que ambas curvas (PIB y IMD) en este caso tienen la misma tendencia, es decir, la disminución de tráfico coincide con la época de la crisis española mientras

que las tendencias de subida del IMD también coinciden con el aumento del PIB en España, lo cual es una característica de las carreteras para uso turístico.

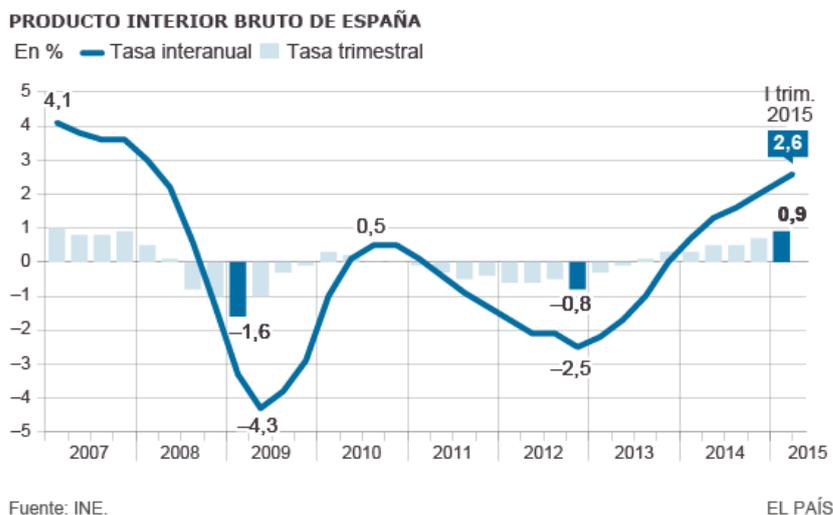


Gráfico 10. PIB en España entre 2007-2015. Fuente: INE

Características de circulación

Las características de circulación se muestran en la siguiente tabla.

Tramo de M-607	P.K.	V85 en 2010	% Pesados	V85 en 2014	% Pesados
M-618 a M-609	34.75	108	8.40	113	5.62
M-609 a Cerceda	37.50	100	5.02	106	4.13
Cerceda a M-617	50.41	72	4.60	89	4.66
M-617 a Navacerrada	57.30	57	5.34	81	5.03

Tabla 13. Valores de V85 y % de pesados en el 2010 - 2014. Fuente: Dirección General de Tráfico.

Se observa un aumento de las velocidades de circulación en todos los tramos de la M-607, en el tramo a analizar sólo existe un aumento de 6 Km/h, mientras que la máxima variación se encuentra en el tramo de M-617 a Navacerrada donde se percibe un valor de 24 Km/h. Por otro lado, el porcentaje de pesados disminuye ligeramente en unos tramos mientras que en el tramo entre la M-618 a M-609 varía hasta un 3% aproximadamente. Se puede inferir que estos aumentos de velocidad de circulación y disminución del porcentaje de pesados es producto de las modificaciones que ha tenido la M-607 en con el objetivo de mejorar el servicio en la vía.

En general, en los últimos años el IMD no ha variado mucho un año con respecto al otro por lo que se puede decir que en los próximos tres años variará entre 0 y 1 %; es decir, casi constante. Sin embargo, para el análisis de alternativas se

asumirá que en los próximos 20 años (tiempo de vida propuesto del pavimento) nos pondremos en la peor situación posible, es decir, que en los primeros años habrá un crecimiento del IMD del 5% posteriormente del 2.5 % y por último de 1%. El resultado de la evolución del tráfico se muestra en el siguiente gráfico, esto nos servirá para las actuaciones de rehabilitación del firme.

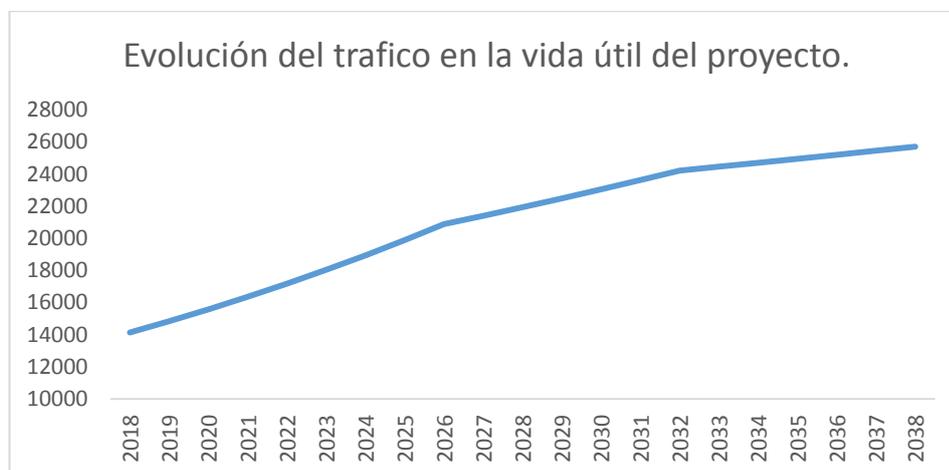


Gráfico 11. Evolución del tráfico durante la vida útil del proyecto.

1.5.2. Análisis de Movilidad.

Durante la inspección en campo se observó que se forman colas de vehículos tanto en un sentido, como en otro dependiendo. Estas se forman debido a que hay buses o vehículos pesados que circulan por esta vía a una menor velocidad, ocasionando que los coches realicen maniobras de adelantamiento causantes de posibles accidentes a futuro. Por otro lado, se ha observado que la vía es utilizada por los ciclistas quienes utilizan los arcenes de como ciclovía en ambos sentidos.



Figura 35. Pelotón de vehículos en sentido de Colmenar Viejo a Cerceda



Figura 36. Presencia de vehículos bus y vehículo pesado en un sentido y cola en el otro sentido, impide las maniobras de adelantamiento en la vía.

También, existes una línea de autobús que utiliza la carretera como parte de su itinerario. La línea es la 876 el cual realiza un desplazamiento desde Plaza Castilla hasta Collado Villalba, conectando con los Hospitales de la Paz y Ramón y Cajal, la carretera M-607 , Cerceda, Urbanización Retamar , La Herradura, la carretera M-608, Urbanización Peñanevada II , Collado Villalba (pueblo), carretera Moralarzal y Collado Villalba (Los Valles)

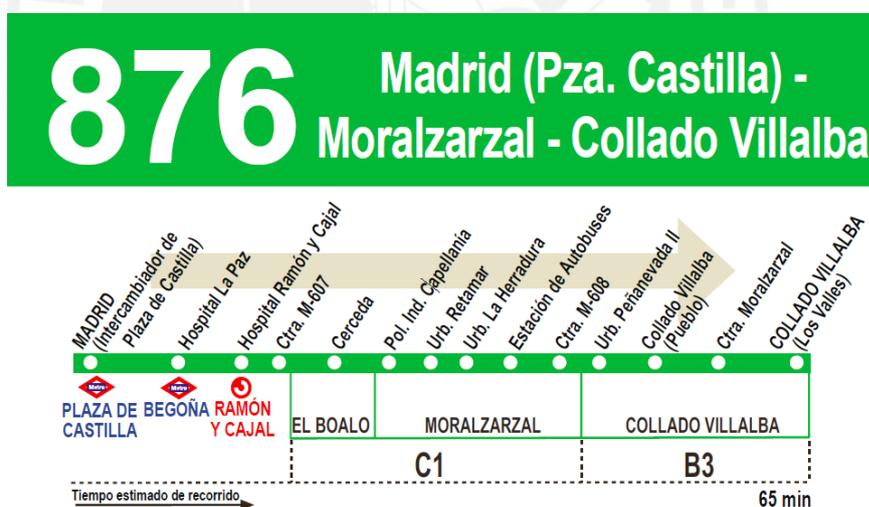


Figura 37. Itinerario de la Línea 876. Fuente: Consorcio de transportes de Madrid.

1.6. Proyectos ejecutados en el tramo.

La Comunidad Autónoma de Madrid destaca la importancia del mantenimiento de las carreteras y su incidencia directa en la seguridad de la circulación, por tanto los trabajos de conservación son prioritarios en las actuaciones en carreteras. Este esfuerzo de inversión va de la mano con la política regional de carreteras: la mejora de la seguridad vial. En los últimos años hubo una importante inversión en seguridad de motociclistas lo cual se ha convertido en un referente

mundial contando ya con 240 kilómetros de barreras de protección, por lo que la región en una de las administraciones líderes en inversión en seguridad vial para motoristas. Por otro lado, existen otros tipos de actuaciones en pro de la mejora de la seguridad vial, como son las duplicaciones de calzada, la construcción de variantes de población y la mejora de accesos e intersecciones en aquellas carreteras que registran densidades de tráfico superiores a los previstos en su diseño.

Además de mejorar la fluidez del tráfico y la comunicación entre los municipios de la región, estas actuaciones supone mejoras en los estándares de seguridad vial que ofrece la red viaria, porque sirve para desviar la circulación de vehículos en tránsito del centro de los municipios para poder mejorar los trazados, la señalización y la seguridad en los adelantamientos (relevante en las duplicaciones).

Por tanto, siguiendo estos objetivos generales la Comunidad Autónoma de Madrid realizó los siguientes proyectos ejecutados en la M-607 entre Colmenar Viejo y Cerceda:

- PROYECTO MADRID 92 PARA LA GESTION DEL TRAFICO EN LA CIUDAD DE MADRID Y SUS ACCESOS POR LAS CARRETERAS N-I, N-II, N-III, N-IV, N-401 Y M-607. AÑO, 1992 .AREA, TRAFICO.
- REMODELACION DEL ENLACE DE ACCESOS A COLMENAR VIEJO EN LA M-607. AÑO, 1994. AREA, CONSTRUCCIÓN.
- DUPLICACION DE CALZADA DE LA CARRETERA M-607. TRAMO: COLMENAR VIEJO – CERCEDA. AÑO, 1998. AREA, CONSTRUCCIÓN.
- ENSANCHE Y MEJORA DE LA CARRETERA M-607. TRAMO: COLMENAR VIEJO – CERCEDA, AÑO, 1998. AREA, CONSTRUCCIÓN.
- MODIFICADO No 1 DEL DE ENSANCHE Y MEJORA DE LA CARRETERA M-607. TRAMO: COLMENAR VIEJO – CERCEDA. AÑO, 2002. AREA, CONSTRUCCIÓN.
- CONSULTORÍA Y ASISTENCIA EN EL CONTROL DE CALIDAD DE "ENSANCHE Y MEJORA DE LA M-607. TRAMO: COLMENAR VIEJO-CERCEDA. AÑO, 2012. AREA, PLANIFICACIÓN.
- REFUERZO DE FIRME Y MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL EN LA CARRETERA M-607 ENTRE LOS PP.KK. 35+600 AL 48+860. AÑO, 2013. AREA, CONSERVACIÓN.

1.7. Actuaciones en materia de Infraestructuras de carreteras.

La comunidad de Madrid dentro de su plan de inversión en infraestructura de carreteras, las inversiones dedicadas a la mejora de la capacidad de la red de carreteras en 2015 serán las siguientes:

- Finalización de la duplicación de la M-509 en el tramo desde la M-50 a Villanueva del Pardillo.
- Se finalizará la ampliación del tercer carril de la carretera M-503 entre la M-40 y la M-50.
- La eliminación o mejora de algunas intersecciones a nivel o de enlaces a distinto nivel con el objetivo de mejorar la capacidad de las carreteras y sobre todo la seguridad de las mismas.
- La mejora de la estructura sobre el río Perales en la M-510 en Aldea del Fresno.
- El nuevo carril de trenzado.
- Mejora de trazado en los ramales del enlace entre las carreteras M-503 y M-500.
- La mejora del enlace de la carretera M-607 con la M-603 en el término municipal de Madrid
- La remodelación del enlace de la carretera M-607 con la M-616
- El acondicionamiento y mejora de accesos en el margen derecho de la carretera M-104 en San Agustín de Guadalix
- El acondicionamiento de los accesos a las Urbanizaciones Montemorillo y Las Mojadillas en la M-600 (Valdemorillo)
- La instalación de una pasarela peatonal sobre la M-601 en Collado-Villalba y la instalación de una pasarela peatonal sobre la M-513 en Boadilla del Monte.
- La tramitación de los estudios informativos del nuevo enlace entre las carreteras M-100, M-106 y M-111, de la variante de la M-300 en Arganda y duplicación hasta Loeches, y del acondicionamiento de la carretera M-505 entre Molino de la Hoz y Galapagar
- La mejora del firme en diversos tramos de las carreteras M-100, M-203, M-404, M-506, M-510 y M-601
- Actuaciones de conservación ordinaria que incluyen operaciones de reparación y mantenimiento de firme, señalización tanto horizontal como vertical, instalación de semáforos, vialidad invernal, etc.
- La eliminación de Tramos de Concentración de Accidentes (TCA) mediante actuaciones de mejora de la señalización, reparación de firmes, rectificación

de curvas peligrosas y cambios de rasante, acondicionamiento de tramos y reordenación de accesos.

- Programas complementarios que tanta importancia tienen en la seguridad, como la adecuación de las travesías al tráfico peatonal mediante moderadores y calmado de tráfico, actuaciones de tratamiento de márgenes, acondicionamiento de paradas de autobús, señalización de elementos del patrimonio histórico-artístico de la Comunidad, etc.

1.8. Selección de la velocidad ideal de circulación.

Como parte de la investigación del tramo se realizó el análisis de tráfico de la carretera utilizando en programa IHSDM, con el objetivo de determinar cuál sería la velocidad deseada de la carretera existente así como el nivel de servicio que ofrece la misma de acuerdo al IMD.

La velocidad de desplazamiento en una carretera no sólo tiene que tener en cuenta el menor tiempo posible en el recorrido de la autovía, también se hay que observar: la integralidad de los otros usuarios de la vía tales como los destinados al transporte público y ciclistas; el menor porcentaje de pelotones, con el objetivo de reducir los adelantamientos; el aspecto medioambiental, verificar el rango de velocidad a los cuales se emiten menores cantidades de gases contaminantes.

El análisis se realizó tanto en sentido de Colmenar Viejo a Cerceda, como en el sentido contrario. Los datos de la geometría se obtuvieron exportando los datos del programa CLIP y los datos de tráfico son los obtenidos en un estudio de tráfico realizado en el 2014.

1.8.1. Análisis en sentido Colmenar Viejo – Cerceda.

Los datos para el análisis son los siguientes:

Direction of Travel	Flow Rate (vph)	Distribution Cars (%)	Distribution Trucks (%)	Distribution RVs (%)	Mean Desired Speed Cars (km/h)	Mean Desired Speed Trucks (km/h)	Mean Desired Speed RVs (km/h)	Desired Speed Standard Deviation Cars (km/h)	Desired Speed Standard Deviation Trucks (km/h)	Desired Speed Standard Deviation RVs (km/h)	Entering Traffic in Platoons (%)	No Passing Zone (%)
Increasing	960	98	2	0	110	110	110	10	10	10	82	91
Decreasing	300	99	1	0	110	110	110	10	10	10	41	85

Tabla 14. Datos de entrada para el análisis de tráfico en el IHSDM. Se va modificando la velocidad deseada tanto para vehículos ligeros, como de transporte pesado y buses.

Luego de diversas iteraciones de las velocidades deseadas de transporte se obtuvieron los siguientes resultados.

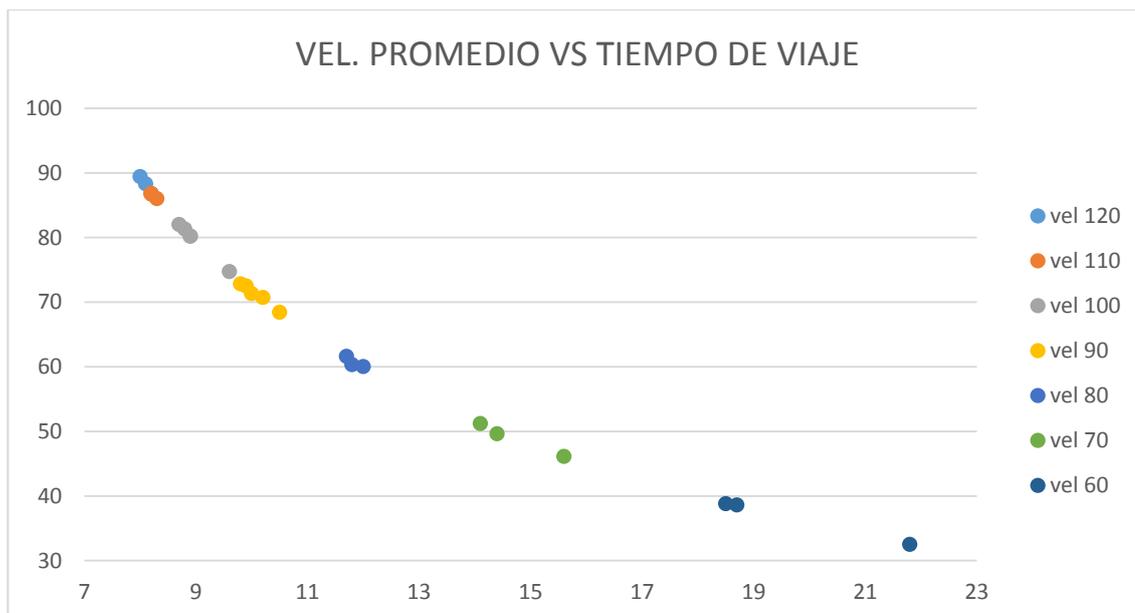


Gráfico 12. Velocidad promedio de recorrido vs tiempo de viaje.

El gráfico muestra que por más que sigas aumentando la velocidad deseada de la carretera, la propia geometría de la vía y los tramos de adelantamiento no permite a los vehículos alcanzar velocidades mayores de 90 Km/h y con tiempos de viaje entre 8 a 22 minutos aproximadamente.

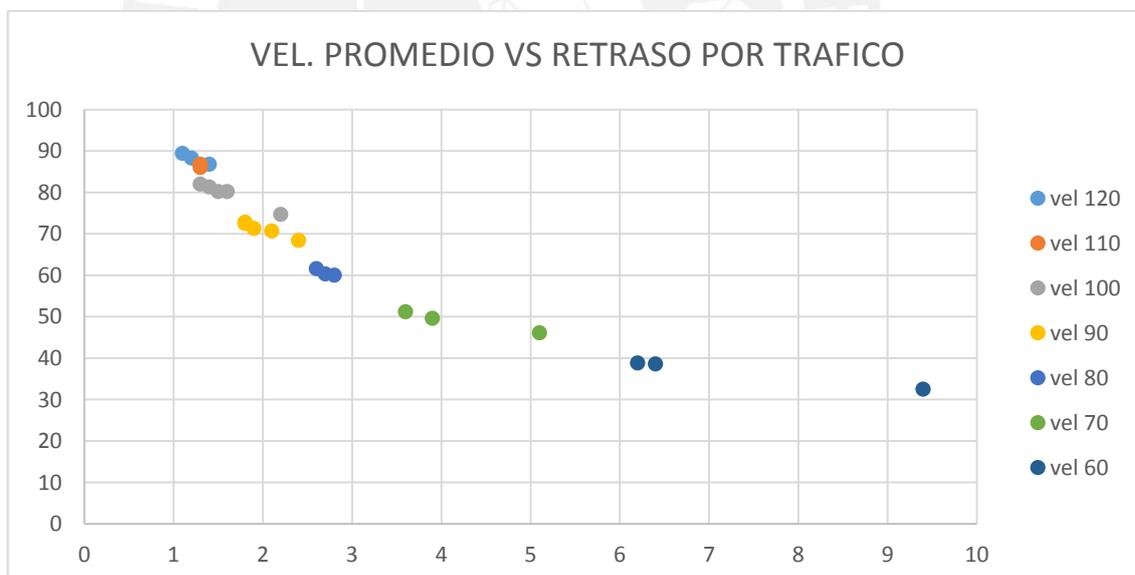


Gráfico 13. Velocidad promedio de recorrido vs retraso por tráfico.

En este gráfico se puede observar que los retrasos por tráfico son menores a velocidades mayores, con una velocidad de desplazamiento de 90 Km/h sólo existe un retraso del tráfico de 1 minuto.

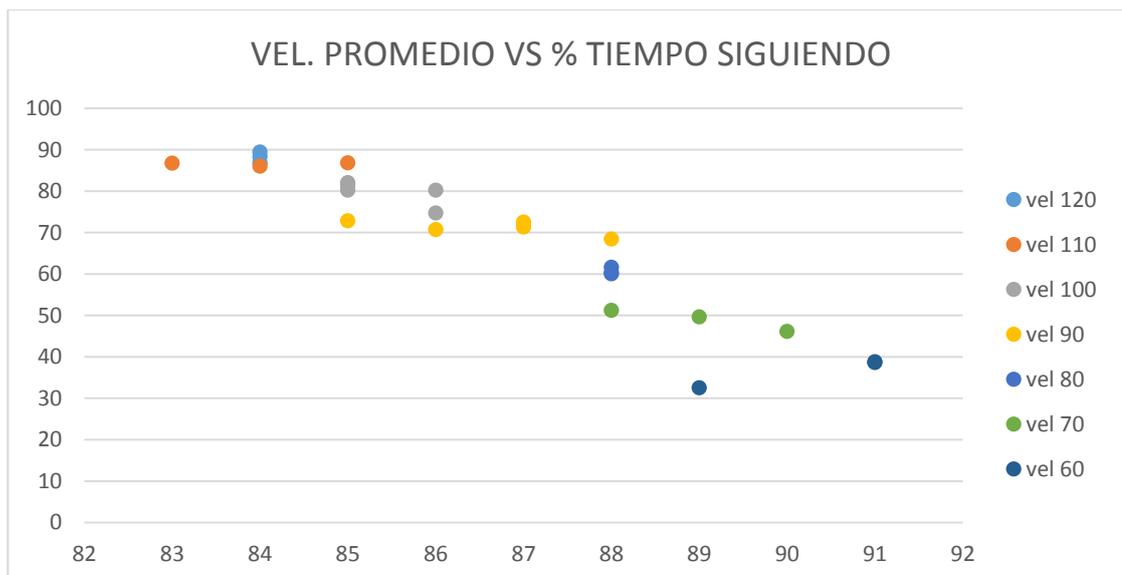


Gráfico 14. Velocidad promedio de recorrido vs % tiempo siguiendo.

Se observa que el menor porcentaje de tiempo siguiendo es cuando se aumenta las velocidades de recorrido dando un mejor nivel de servicio a la carretera.

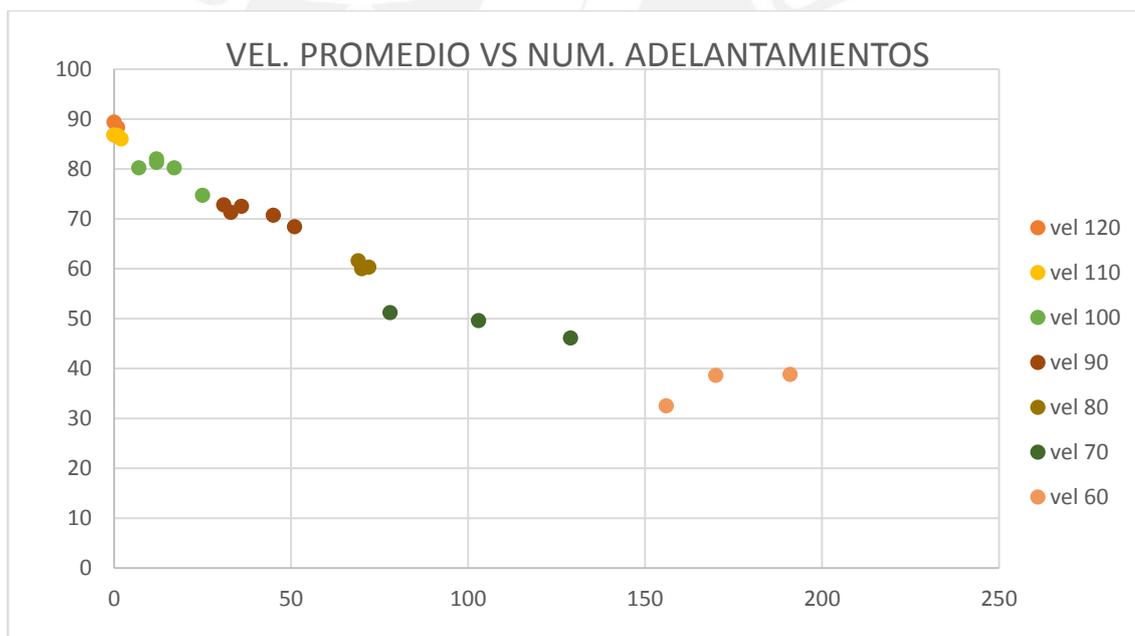


Gráfico 15. Velocidad promedio de recorrido vs adelantamientos.

Se debe de buscar la menor cantidad de adelantamientos debido a que esto genera maniobras peligrosas en la vía y posibles accidentes. Según el estudio también se llega a la conclusión de que a mayores velocidades existen menores velocidades de adelantamiento.

1.8.2. Análisis en sentido Cerceda – Colmenar Viejo.

Los datos de entrada para este análisis son similares al anterior con la diferencia que ahora el mayor tráfico lo tiene el sentido decreciente.

Direction of Travel	Flow Rate (vph)	Distribution Cars (%)	Distribution Trucks (%)	Distribution RVs (%)	Mean Desired Speed Cars (km/h)	Mean Desired Speed Trucks (km/h)	Mean Desired Speed RVs (km/h)	Desired Speed Standard Deviation Cars (km/h)	Desired Speed Standard Deviation Trucks (km/h)	Desired Speed Standard Deviation RVs (km/h)	Entering Traffic in Platoons (%)	No Passing Zone (%)
Increasing	300	99	1	0	100	90	95.7	10	10	6.4	41	91
Decreasing	960	98	2	0	100	90	95.7	10	10	6.4	82	85

Tabla 15. Datos de entrada para el análisis en sentido Cerceda – Colmenar Viejo.

De manera similar se va iterando los datos de velocidades deseadas de los vehículos ligeros y pesados.

En el análisis de tráfico también influye la cantidad de zonas de adelantamiento que tiene la carretera, ya que a mayor cantidad de zonas de pase existirá menor porcentaje de seguidos, teniendo un mejor nivel de servicio en la carretera. Por otro lado, el porcentaje de pesados también influirá en la maniobras de adelantamientos, estos vehículos tienden a retrasar el tránsito de los vehículos ligeros que quieran realizar maniobras de adelantamiento. Mientras menor porcentaje de adelantamiento existe, puede haber un menor nivel de servicio de la carretera, dependiendo también del tráfico y de la geometría de la propia carretera.

Los resultados del análisis en sentido inverso son los siguientes:

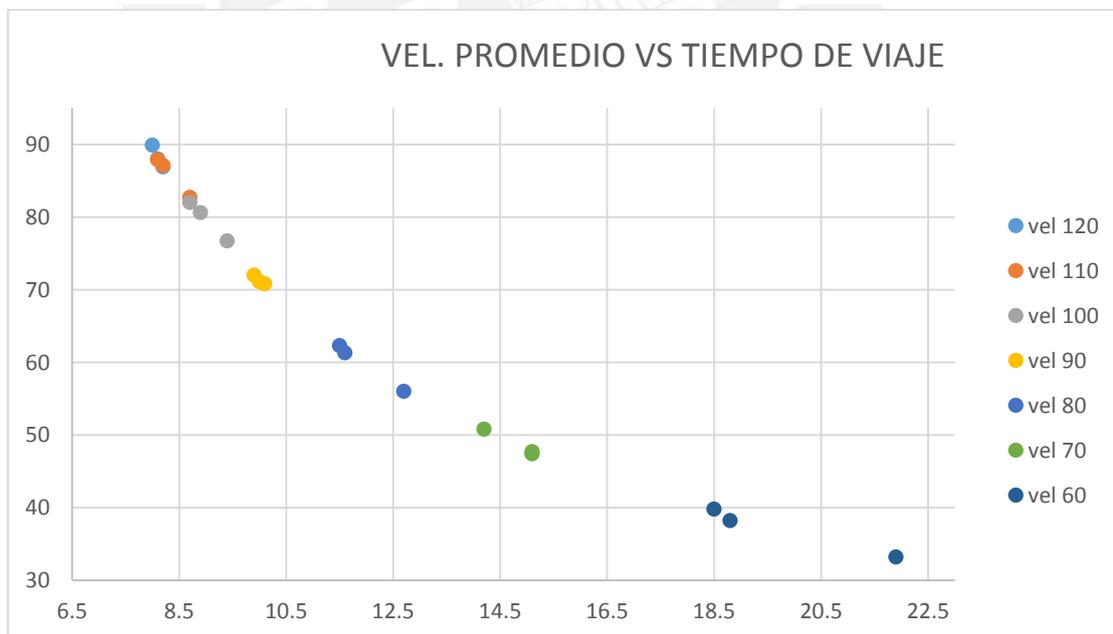


Gráfico 16. Velocidad promedio de recorrido vs tiempo de viaje.

Igual que en el sentido directo, la velocidad real a la que se desplazan los vehículos son aproximadamente lo 90 Km/h, por más que la velocidad deseada en este sentido llegue a los 120 Km/h la geometría de la carretera y el tráfico de la

misma no te permite llegar a estos valores. Por otro lado, el tiempo mínimo de desplazamiento llega a los siete minutos aproximadamente.

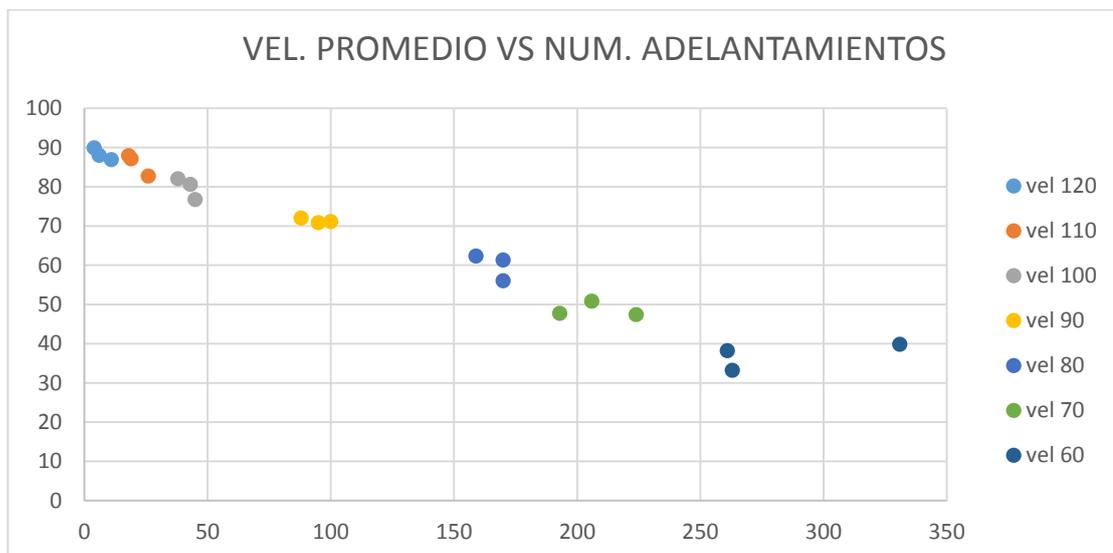


Gráfico 17. Velocidad promedio de recorrido vs número de adelantamientos.

Los adelantamientos son mayores a medida que la velocidad disminuye, por lo que si se quiere conseguir la menor cantidad de adelantamientos se debería que ir a mayores velocidades la cual en este caso llega a los 90 Km/h.

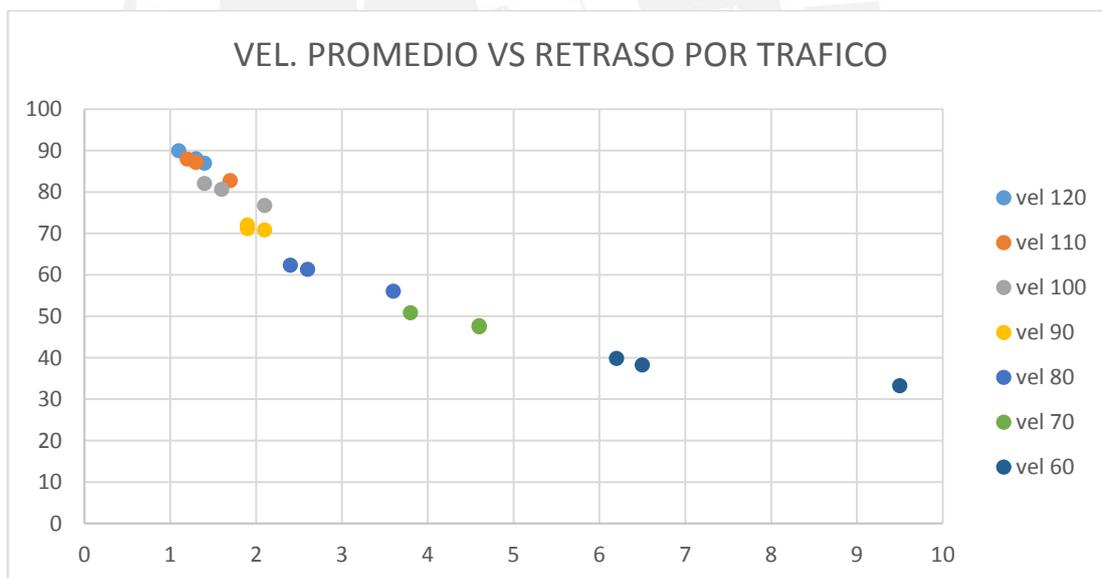


Gráfico 18. Velocidad promedio de recorrido vs retraso por tráfico.

A mayores velocidades existe un menor retraso por tráfico, comportamiento similar al sentido de Colmenar Viejo – Cerceda.

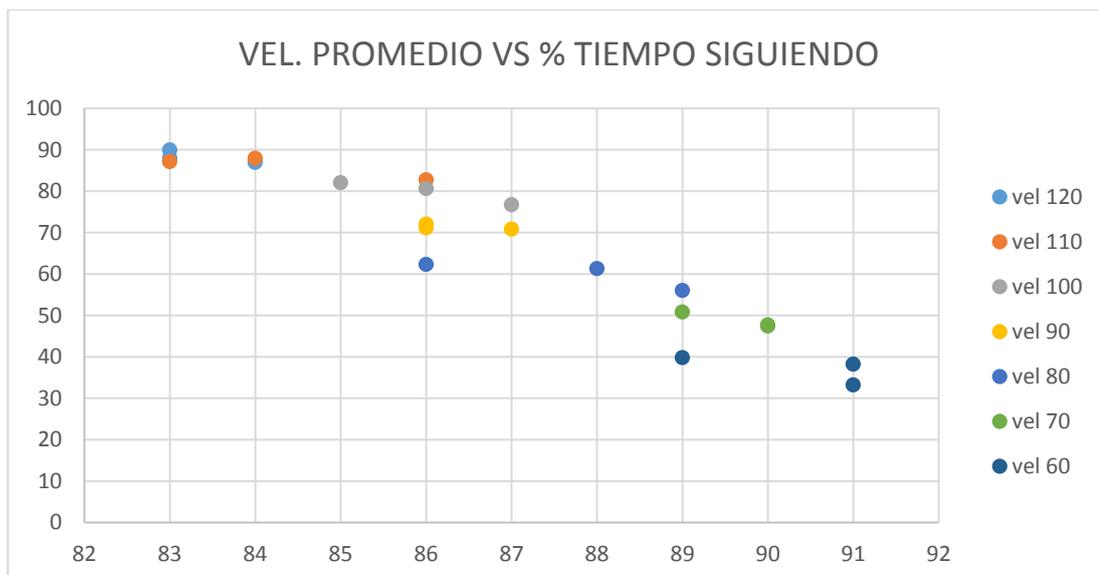


Gráfico 19. Velocidad promedio de recorrido vs % tiempo siguiendo.

El porcentaje de tiempo siguiendo, llega a ser menor al tener la velocidad de 90 Km/h, llegando a tener un mejor nivel de servicio al explotar la carretera a esta velocidad.

1.8.3. Comparación de la carretera en sentido directo e inverso.

Ambos sentidos son diferentes entre sí por la sinuosidad, la consistencia del trazado, el porcentaje de adelantamientos, el reparto del tráfico y la cantidad de vehículos pesados tanto en un sentido como en el otro. Por lo que, habrá que realizar un análisis comparativo de ambos sentidos para determinar la velocidad ideal de la carretera.

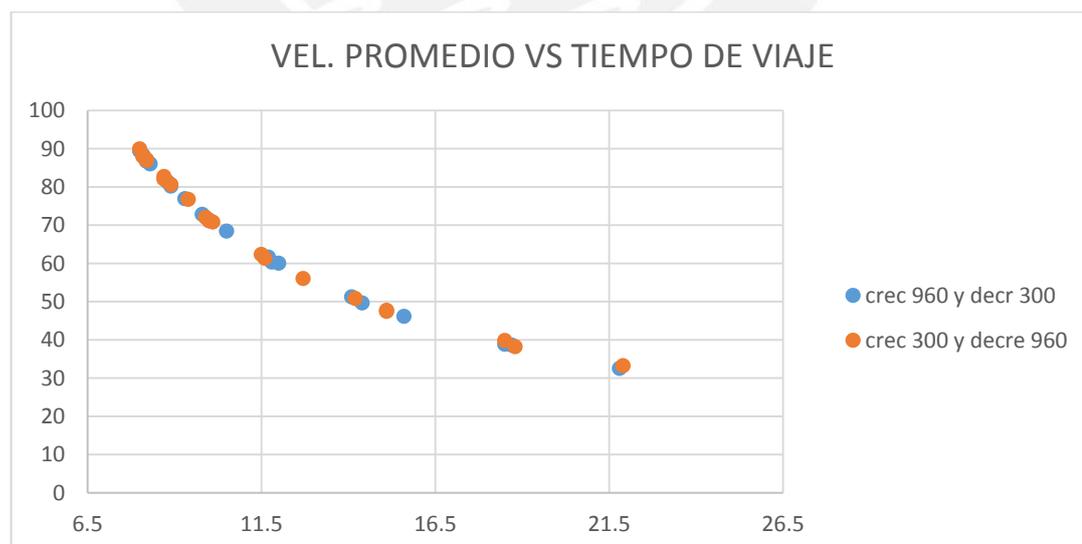


Gráfico 20. Velocidad promedio de recorrido vs tiempo de viaje.

Al comparar la velocidad promedio vs el tiempo de viaje, los valores obtenidos son similares. No llegando a superar los 90 Km/h en ambos caos y teniendo un tiempo de recorrido de siete minutos y medio aproximadamente.

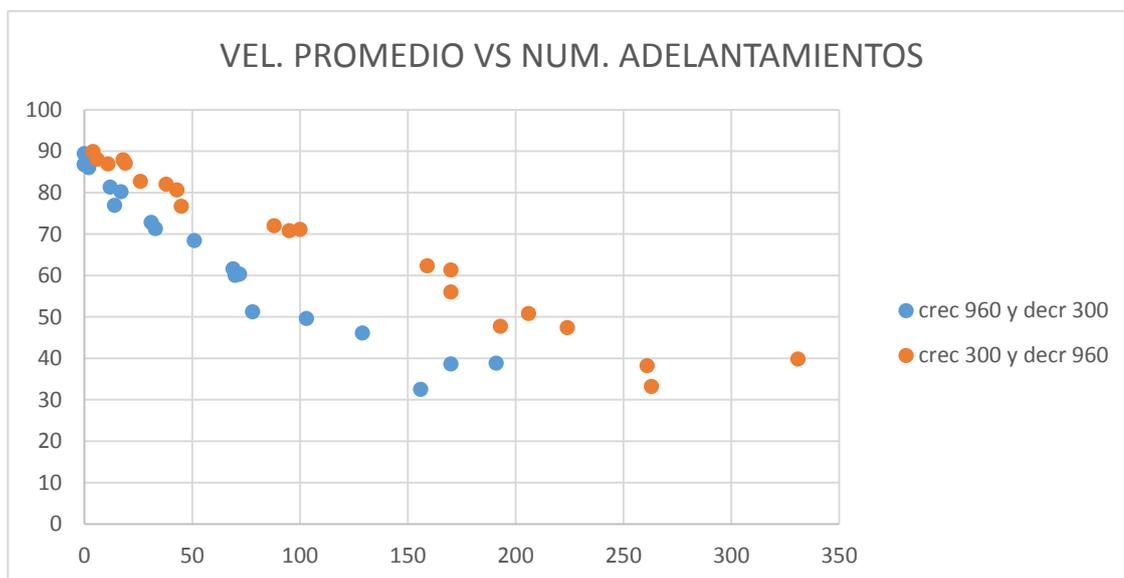


Gráfico 21. Velocidad promedio de recorrido vs número de adelantamientos.

Para el sentido directo (color azul) el número de adelantamientos es menor que el en sentido inverso (color naranja) a medida que la velocidad promedio va disminuyendo. Esto es debido a que en el sentido directo existe menor porcentaje de tramos de adelantamiento, por lo que los accidentes son más probables debido a los adelantamientos realizados por vehículos que realizan su desplazamiento en el sentido Cerceda – Colmenar Viejo. Para velocidades mayores la cantidad de adelantamientos son similares y mínimos en ambos sentidos. A la velocidad de 90 Km/h se logran la menor cantidad de adelantamientos.

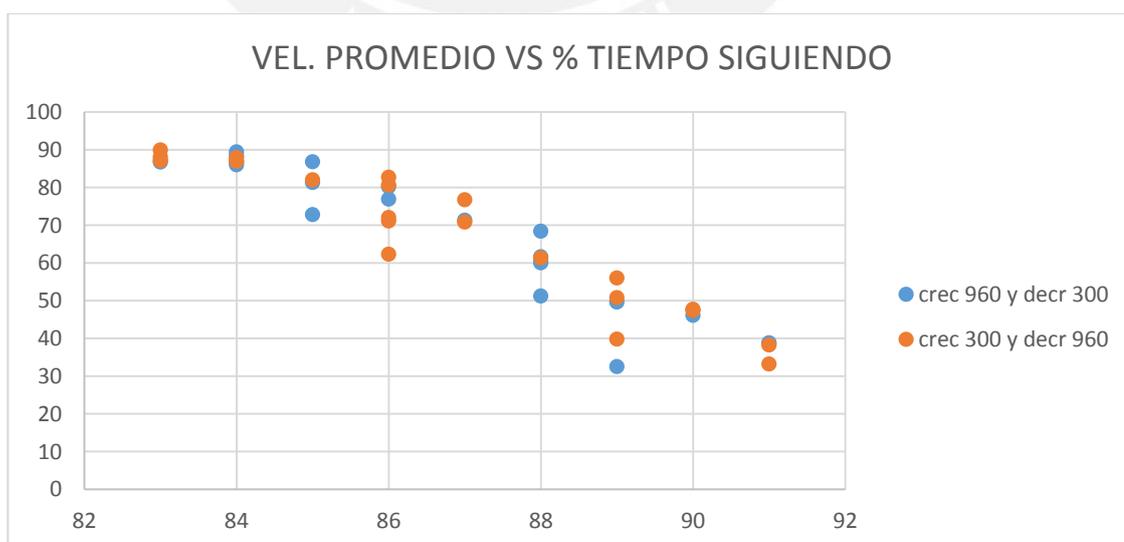


Gráfico 22. Velocidad promedio de recorrido vs % tiempo siguiendo.

Al comparar la velocidad con el porcentaje de tiempo siguiendo estos no difieren mucho en ambos sentidos, el nivel de servicio de la carretera a la velocidad deseada será igual tanto en un sentido como en el otro.

En conclusión, al realizar las iteraciones con velocidades deseada de 120 Km/h y 110 Km/h, se obtienen valores similares en ambos sentidos y, a la vez, son las que generan un mejor comportamiento de los vehículos en la carretera.

Vel 1 – Vel 2	Flow Rate from Simulation (vph)	Percent Time Spent Following (%)	Average Travel Speed (km/h)	Trip Time (min/veh)	Number of Passes	Distance Traveled (km)	Total Travel Time (veh-hrs)
120_120	1,265	84	89.4	8	0	15,021.00	168
120_110	1,264	84	88.3	8.1	1	15,020.00	170.1
120_100	1,249	84	86.8	8.2	0	14,822.30	171.3
110_110	1,255	85	86.8	8.2	0	14,921.60	172.2
110_100	1,253	83	86.7	8.2	1	14,918.10	172.2
110_90	1,253	84	86	8.3	2	14,888.00	173.2
120_120	1,282	83	89.9	8	4	15,282.70	170
120_110	1,247	83	88	8.1	6	14,801.50	168.6
120_100	1,263	84	86.9	8.2	11	14,996.00	172.9
110_110	1,271	84	87.9	8.1	18	15,089.50	171.9
110_100	1,255	83	87.1	8.2	19	14,942.20	172.1
110_90	1,243	86	82.7	8.7	26	14,809.30	179.7

Tabla 16. Valores obtenidos luego de la simulación con velocidades deseadas de 120 Km/h y 110 Km/h.

Por lo tanto, la velocidad ideal a la cual el vehículo debe circular por la carretera es 90 Km/h. Ya que, a esta velocidad se obtienen los menores adelantamientos posibles, menor tiempo de viaje, menor porcentaje de seguidos y menor retraso por tráfico. Esto desde el punto de vista de la funcionalidad para los vehículos ligeros y pesados.

1.8.4. Influencia de la velocidad en otros usuarios de la carretera.

Los ciclistas que se desplazan por el arcén de la carretera también se verán afectados por la velocidad a la cual circulan los vehículos: si la velocidad es demasiado alta, ellos tienen el riesgo de sufrir accidentes debido a maniobras peligrosas de los conductores. Al restringir la velocidad de los conductores a los 90 Km/h, en una carretera que está diseñada para lograr una velocidad de 100 Km/h, le da al conductor un tiempo de reacción en caso realice una maniobra peligrosa,

mejorando la seguridad de los ciclistas que utilizan los arcenes para desplazarse. Los vehículos pesados y los buses tampoco se verán afectados, debido a que a esta velocidad (90 Km/h), se realizarán la menor cantidad de adelantamientos, transitando así a una velocidad constante por la carretera.

1.8.5. Afección de la velocidad al medio ambiente.

La influencia de la velocidad de circulación afecta al medioambiente de manera directa, a que los coches contaminan el aire por medio de la combustión producida por el motor generando gases de efecto invernadero. Según estudios realizados Ntziachristos y Samaras en el 2000, las velocidades ideales para reducir los contaminantes producidos por la combustión varían en velocidades entre de 60 a 100 Km/h.

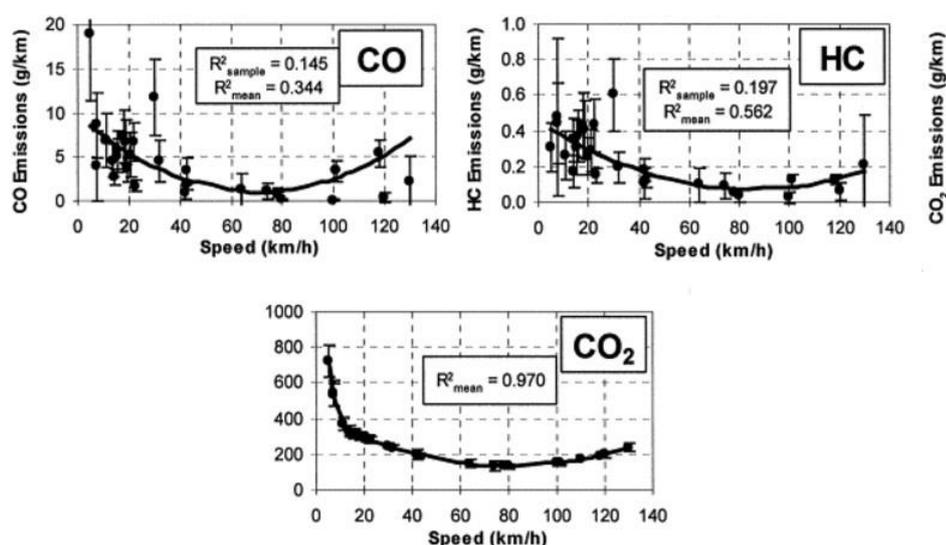


Gráfico 23. Emisiones de gases de efecto invernadero según la velocidad. Fuente: Ntziachristos, 2000.

Dentro del contexto español, se realizó un estudio de la gestión variable de la velocidad en los accesos a las zonas urbanas. En el cual, al analizar el aspecto medioambiental en vehículos modernos se llegó a la conclusión de que el rango de velocidades en los cuales se emite menor cantidad de gases de efecto invernadero son velocidades entre los 70 Km/h a 100 Km/h.

Al hacer un análisis económico, en relación con el consumo de combustible y la velocidad se observa que a velocidades menores de 70 Km/h se realiza el mayor consumo de combustible.

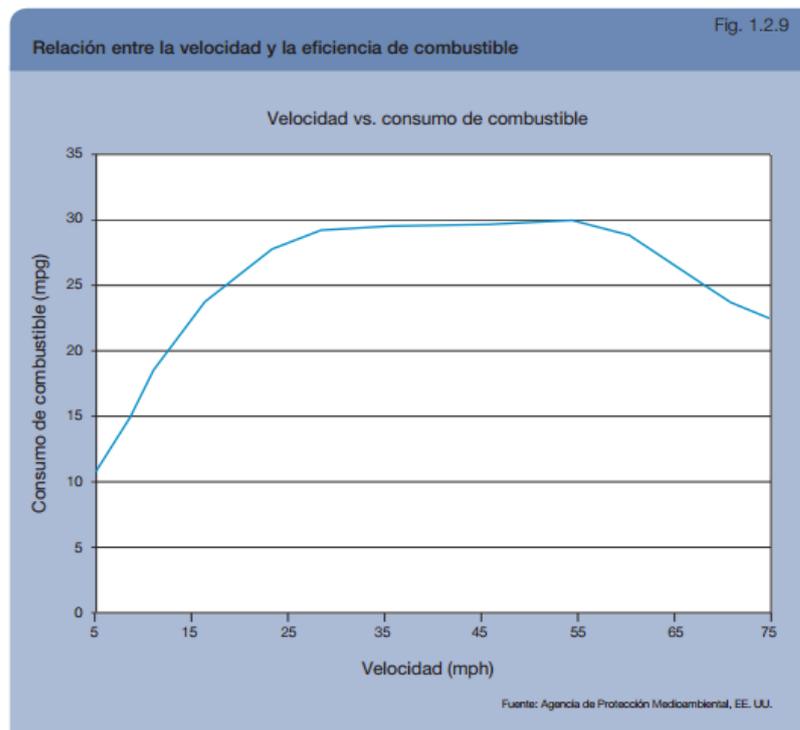


Gráfico 24. Velocidad vs consumo de combustible. Fuente: Agencia de protección medioambiental EE.UU.

En suma, la velocidad ideal teniendo en cuenta el aspecto medioambiental y el menor consumo de combustible en carreteras interurbanas, como la carretera entre Colmenar Viejo y Cerceda, debe ser entre 70 Km/h y 100 Km/h.

Finalmente, teniendo en cuenta la funcionalidad de los vehículos ligeros, los otros usuarios de la carretera como vehículos pesados, transporte público y ciclistas; y el aspecto medioambiental. Se determina que la velocidad a la cual deben circular los vehículos es de 90 Km/h.

1.8.6. Capacidad de la carretera y el nivel de servicio.

La capacidad de la carretera y el nivel de servicio se obtuvo utilizando el programa IHSDM, iterando los valores de la intensidad en sentido creciente. Los valores que determinan el nivel de servicio de una carretera convencional son la Velocidad Promedio de Viaje y el Porcentaje de Tiempo Siguiendo, según el Manual de Capacidad de Carreteras de Estados Unidos.

Nivel de Servicio	% tiempo siguiendo	Velocidad media (Km/h)
A	< 35	>90
B	>35 <50	>80 <90
C	>50 <65	>70 <80
D	>65 <80	>60 <70
E	>80	<60

Tabla 17. Niveles de servicio para carreteras convencionales de clase I. Fuente: Manual de Capacidad 2010.

Los resultados de niveles de servicio de la carretera para diferentes IMD, se muestran en la siguiente tabla:

vph	Direction of Travel	Flow Rate from Simulation (vph)	Percent Time Spent Following (%)	Average Travel Speed (km/h)	Trip Time (min/veh)	Number of Passes	LOS (PTSF)	LOS (ATP)	LOS	IMD (vpd)
1100	Combined	1,086	82	86.6	8.3	7	E	B	E	10000
1000	Combined	1,017	81	86.3	8.3	7	E	B	E	9091
900	Combined	922	78	88.6	8.1	10	D	B	D	8182
800	Combined	795	73	90.3	7.9	8	D	A	D	7273
700	Combined	709	72	89.4	8	2	D	B	D	6364
600	Combined	600	68	92	7.7	1	D	A	D	5455
500	Combined	495	61	93.2	7.7	2	C	A	C	4545
400	Combined	398	57	93.3	7.7	2	C	A	C	3636
300	Combined	306	47	95.6	7.5	0	B	A	B	2727
200	Combined	196	40	96.9	7.4	2	B	A	B	1818
100	Combined	99	28	97.9	7.3	0	A	A	A	909

Tabla 18. Resultados de nivel de servicio para diversos valores de IMD.

Los resultados muestran que la capacidad de la carretera a la cual tiene un nivel de servicio A es cuando hay un IMD de 909 vehículos/día aproximadamente, mientras que para valores de IMD superiores a 10000 vehículos/día se llega en nivel de servicio E. Sin embargo, en la carretera según los datos de IMD obtenidos en el año 2014 transitan por la carretera 14075 vehículo/día aproximadamente, y no existen quejas de que la carretera está sobresaturada o que su servicio es pésimo. Lo que penaliza en nivel de servicio en esta carretera en particular no es la velocidad promedio de recorrido en el cual, para una intensidad de 1100 vph, el nivel de servicio en B. Es el porcentaje de tiempo siguiendo lo que penaliza el nivel de servicio, porque da un nivel E. Habrá que plantear al manual de capacidad qué hacer en este tipo de casos; es decir, si existe un tipo de compensación para dos niveles de servicio tan diferentes.

Según los resultados los que penaliza en nivel de servicio de la carretera no es la velocidad promedio de recorrido, sino es el porcentaje de tiempo siguiendo, como ya se ha mencionado anteriormente. Por lo que, si se permite mayores tramos de adelantamiento el nivel de servicio mejorará, entonces la propuesta de generar un tercer carril y convertir la carretera convencional en una carretera con sistema 2+1

para aumentar los tramos de adelantamiento resulta la solución óptima para mejorar la carretera.



CAPÍTULO 2

Condicionantes actuales

2.1. Condicionantes del entorno.

En los condicionantes del entorno se describirá las poblaciones que son adyacentes a la carretera y los estatutos que propone el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares.

2.1.1. Cerceda.

La localidad de Cerceda pertenece al municipio conjunto de El Boalo, Cerceda y Mataelpino y está situado dentro del Parque de la Cuenca Alta del Manzanares ocupando 39 km² aproximadamente con una altitud de 900 msnm. Se ubica a 11 km del municipio de Villalba, a 14 km del municipio de Colmenar Viejo y a 48 km de Madrid.

2.1.1.1. Población.

El Municipio de El Boalo, Cerceda y Mataelpino llega a los 7.157 habitantes según la INE en 2015. Siendo la localidad de Cerceda la que tiene mayor porcentaje de habitantes entre los tres (40% aproximadamente). Llegando a una densidad de 73.41 hab/km². Evolución de la población del municipio de El Boalo. Fuente: INE.

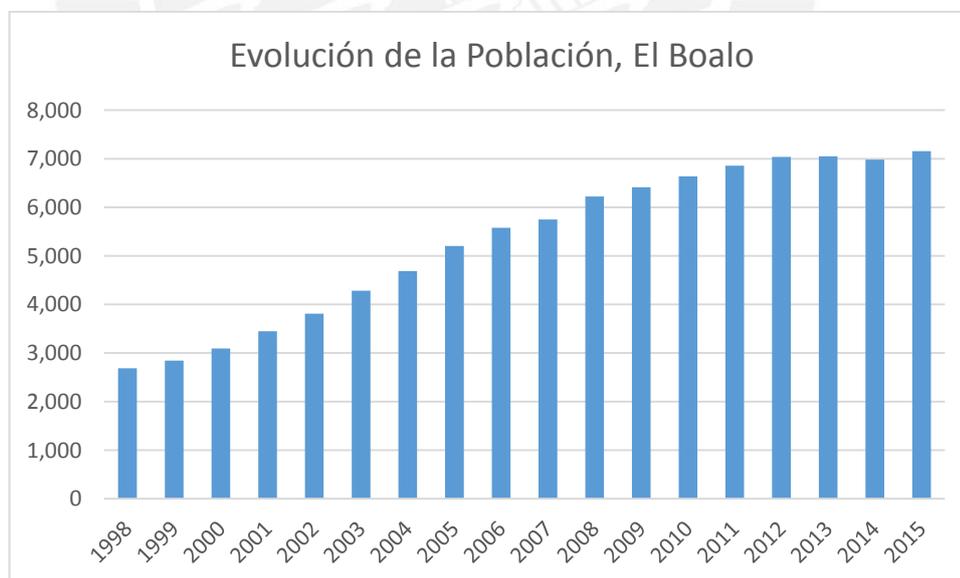


Gráfico 25. Evolución de la población de El Boalo. Fuente: INE.

Como se observa en el gráfico, la población en los tres términos municipales es prácticamente 3 veces la población de 1998 teniendo donde su mayor rango de crecimiento coincide con la época de mayor estabilidad económica en España, posterior a esta se observa que se mantiene casi constante, por lo que se puede asumir que la población no crecerá al menos en los próximos años.

2.1.1.2. Comunicaciones.

Las comunicaciones de Cerceda son por carretera: Desde Madrid por la M-607; por la A-6 hasta Villalba , luego la M-610 a Cerceda; por la M-608 desde Manzanares El Real.

Las líneas de buses que se comunican con Cerceda son: 672 , 672A, 724, 876 y 720.

2.1.1.3. Turismo.

En la localidad de Cerceda se encuentra la Iglesia Santa María la Blanca, de atractivo turístico debido a su estilo gótico proviene de la época de los Reyes Católicos, siendo declarado Monumento Histórico Nacional, una de las piezas más importantes dentro de la Iglesia es la pila Bautismal del siglo XVI , de estilo Renacimiento Purista.

Las fiestas en Cerceda en todo el año son las siguientes:

-Las fiestas de verano, se festejan a fines de agosto y durante tres días donde es posible disfrutar de corrida de toros, encierros por la calles de la localidad, bailes y actividades para los pequeños.

-Fiestas de Santísimo Cristo de la Esperanza, tiene fecha de inicio el 14 de septiembre. En dicha fecha se celebra una procesión que le rinde honores. Posteriormente en la localidad se realiza una cena de conejo, que según la tradición los hombres salían a cazar durante todo el día. Igualmente, se puede disfrutar del baile y festejo propios de la fecha.

2.1.1.4. Actividades económicas.

La economía de la población se sustenta sobre todo en gran importancia en la construcción. Las industrias principales son el sector ganadero y la cantería.

2.1.1.5. Usos de Suelo.

En el sector del viario interurbano se mantiene la misma estructura viaria en el término municipal, si bien en Cerceda se ha planteado una zona de reserva para el desdoblamiento y circunvalación de la carretera M-607 de Colmenar Viejo a Navacerrada. Tras numerosas reuniones, se ha desestimado por la Administración competente la posibilidad a corto plazo de dicho desdoblamiento, que ya se apuntó en el Documento de Avance de las presentes Normas. En cualquier caso, y en aras de no hipotecar su realización futura, se ha planteado la antedicha reserva en la zona Sur de Cerceda, en la zona colindante con el Parque de la Cuenca Alta del Manzanares, así como en la zona del Puente de Madrid para su conexión con la

carretera a Manzanares y en la zona Suroeste con la de Moralarzal, evitando que su desdoblamiento se produzca por el centro de la población por el grave impacto sobre el medio urbano que produciría, la dislocación del pueblo de Cerceda y la contestación social que ya se constató en el periodo de participación pública del Avance. Así pues, la estructura viaria interurbana y las travesías se configuran de la siguiente forma : La carretera M-607 de Colmenar Viejo a Navacerrada atraviesa el núcleo de Cerceda separando el casco antiguo de las urbanizaciones, está interrumpida actualmente por dos rotondas de las que parte la carretera Manzanares El Real y a Moralarzal. Se han incorporado dos rotondas más en la carretera coincidiendo con los extremos del suelo urbano, cuyo objetivo es conseguir reducir la velocidad de los vehículos en toda la zona donde ya existan edificaciones, minimizar el impacto producido por dicha vía en toda la zona que es propiamente travesía, y mejorar los accesos a las distintas zonas colindantes. Una de las rotondas está ubicada en el cruce de salida de la urbanización Las Praderas, punto muy conflictivo debido a la escasa visibilidad que tiene. Y la otra entrada del casco desde Colmenar Viejo, frente a una fábrica de granito y la urbanización Vista Nieve de forma que se puedan suprimir los accesos actuales, incorporando una vía de servicio en la zona prevista como de Industria-Parque. Se adjunta el plano del Plan de Ordenación del Territorio en Cerceda.

El plan de ordenación del Municipio del El Boalo, Cerceda y Mataelpino, en su apartado de infracciones establece como infracciones graves las siguientes:

- a) La señalización de una reserva de vado sin haber obtenido la correspondiente autorización.
- b) Las acciones u omisiones que contravengan las condiciones de uso y aprovechamiento del dominio público local establecida en la autorización.
- c) No solicitar la supresión del paso de vehículos en el caso en que desaparezcan las condiciones que dieron lugar a la autorización.
- d) La falta de señalización, una vez transcurridos los plazos establecidos en la ordenanza.
- e) La manipulación de la señalización del paso de vehículos que suponga alteración del modelo establecido en la ordenanza.
- f) No proceder a la reparación de los desperfectos ocasionados en las aceras con motivo del uso especial que comporta la entrada y salida de vehículos, tras ser requerido para ello en los plazos establecidos.
- g) No retirar la señalización del paso de vehículos una vez dado de baja en el censo a que se refiere la ordenanza.
- h) Colocar isletas u otros elementos de protección sin la correspondiente

autorización.

- i) La ocultación, manipulación o falsedad de los datos o de la documentación aportada para la obtención de la correspondiente autorización.
- j) La negativa a facilitar los datos a la Administración Municipal que sean requeridos por esta, así como la obstaculización de la labor inspectora.
- k) La comisión de dos o más infracciones leves en el término de un año.

2.1.2. Colmenar Viejo.

Municipio de la Comunidad de Madrid situado en la comarca de la Cuenca Alta del Manzanares, tiene una extensión de 182.6 km², tiene una altitud de 883 msnm .Se ubica a 36 km de Madrid por la M-607, a 14 km de Cerceda ,y a 12 km de Soto El Real y 11 km de Tres Cantos. Desde la antigüedad ha sido asentamiento de poblaciones por su lugar estratégico en el camino norte – sur y parte de su territorio se encuentra en el Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares.

2.1.2.1. Población.

La población en el empadronamiento hasta el 2015 es de 47601 habitantes según la información de la INE. Teniendo una densidad de 259.83 hab/km².

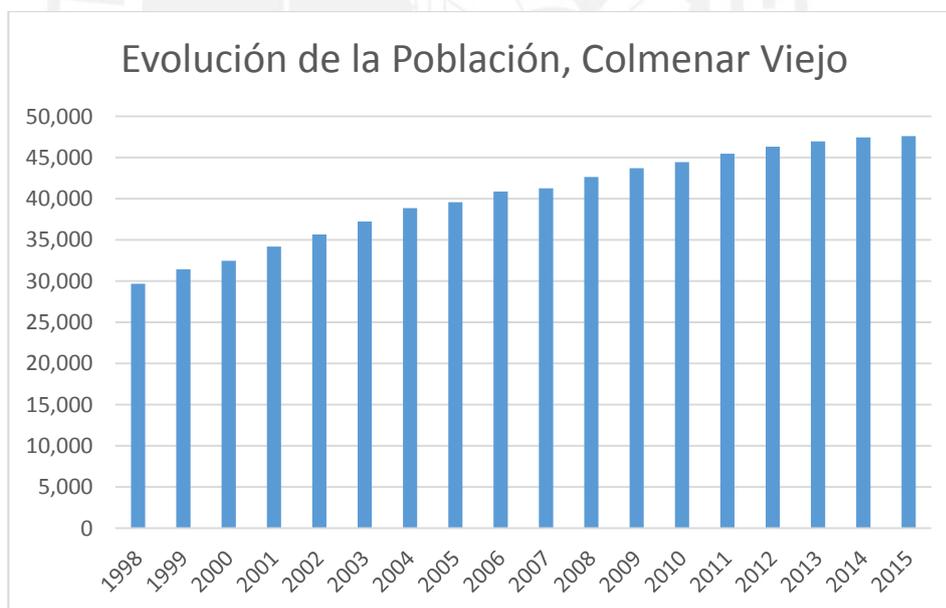


Gráfico 26. Evolución de la población de Colmenar Viejo. Fuente: INE.

Como se observa la población ha aumentado aproximadamente el 50% de su población con respecto a 1998, al igual que en el municipio de El Boalo existe un crecimiento constante hasta el comienzo de la crisis, a partir del 2011 su crecimiento disminuye y siendo casi constante hasta el 2015, por lo que se puede predecir que en los próximos años la población será casi constante.

2.1.2.2. Comunicaciones.

Por carretera: Por la M-607, conecta con las poblaciones de Tres Cantos Madrid, Cerceda; por la M-609 conecta Soto del Real, por la M-104 conecta con San Agustín de Guadalix y Torrelodones por Medio de la M-618.

Las líneas de buses en dirección a Colmenar viejo son: 610, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727 y N702

La línea de Cercanías-renfe que llega a colmenar viejo es la línea C-4 cuyo itinerario es Parla-Atocha-Chamartín-Cantoblanco-Colmenar Viejo.

Existe una ciclovía que empieza en Tres Cantos y llega paralela a la M-607 hasta el enlace con la M-609 pasando por Colmenar Viejo.

2.1.2.3. Turismo.

En la ciudad existen yacimientos arqueológicos destacados por los encontrados del Medioevo.

La Basílica de la Asunción de Nuestra Señora, templo gótico del siglo XVI, dentro de la iglesia una de sus obras características es la figura de la Virgen María representándose en el centro su Asunción a los cielos.

Ermita de Nuestra Señora de los Remedios, a 5 km de la población en dirección a Guadalix de la Sierra. Alberga la imagen de Nuestra Señora de los Remedios. Patrona de Colmenar Viejo.

Molinos y batanes de El Grajal ubicado en el río Manzanares, estos se dedicaban a la obtención de harina a partir de los cereales cultivados en la zona y lo batanes eran usados para la producción de la cabaña ovina. Estas actividades fueron de gran importancia hasta que comienza la regulación del río Manzanares.

Puente del Batán, Ubicado en la carretera camino a Cerceda. Dicho puente fue construido en la Edad Media a pesar de su morfología semejante a la romana. Toma su nombre de un antiguo batán existente aguas arriba.

Puente del Grajal, ubicado en la M-618 que enlaza Colmenar con Hoyo de Manzanares y Torrelodones. Levantado en la Edad Media durante la dominación musulmana.

También existen las siguientes fiestas:

-La Vaquilla, se celebra cada 2 de febrero. Cada grupo está vestido con vivos colores y conducen una vaquilla en representación de las tradiciones ganaderas de Colmenar Viejo.

-La Maya, la fiesta gira entorno a las niñas y las flores y da la bienvenida a la primavera el 2 de mayo.

-Fiestas patronales, van en honor de Nuestra Señora de los Remedios se celebra la última semana de agosto. Durante estos días se celebran importantes corridas y otros festejos taurinos. También se celebra el concurso de los canteros rememorando la importancia de las canteras y la piedra en el pueblo.

-Día de Colmenar Viejo, se festeja en día donde pasó de ser un pueblo a una Villa.

-El juego de la taba se celebra dos días al año en el día de Santa Lucía y el de San Andrés, ocupa todos los bares del año.

2.1.2.4. Actividades Económicas.

Como una de las principales actividades económicas es la ganadería teniendo en mayor cantidad la crianza de bovinos presentan en gran número ganaderías de toros de lidia. También es reconocido por tener una marca prestigiosa de leche “La Colmenareña”, la cual se comercializa principalmente en el norte de la Comunidad de Madrid.

También existe la presencia de actividades en el sector de la cantería y la minería. En minería existieron yacimientos de plata y cobre. Las canteras en la población realizan la explotación de granito, pórfido, diabasa las cuales son un ingreso medio junto a la ganadería.

En el sector industrial existen la presencia de dos polígonos industriales: Del Sur y La Mina. En el norte a la salida por la M-609 existe la asociación de Padres de Minusválidos de Iberia los cuales realizan la producción y empaquetado de elementos para catering aeronáutico, entre otras actividades.

2.1.2.5. Usos de Suelo.

El plan de ordenación del territorio establece a la zona de la carretera como suelo no urbanizable y perteneciendo al Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares. Hasta donde le compete al municipio de Colmenar Viejo las zonas aledañas a la carretera de Colmenar Viejo son zonas arqueológicas, zona agropecuarias productoras perteneciente a la zonificación B2 del Parque Regional, zona de instalaciones de Defensa, Montes Reservados. En estas zonas donde está prohibido la urbanización y se ciñen a los estatutos del Plan de Gestión del Parque Regional. Se adjunta el mapa de ordenación del territorio en los anejos.

2.1.3. Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares.

Según la zonificación del parque regional, la vía se encuentra dentro de la zona B3 “Zonas de Parque Comarcal Agropecuario a renegar”. Que representa el 4 por ciento del total de las zonas de Parque Comarcal Agropecuario (47 por ciento de todo el parque). La zona se compone por la franja de terreno que se encuentra situada sobre el borde septentrional de la tapia del monte de El Pardo, entre la hoz del río Manzanares y la carretera de Colmenar Viejo y La franja de terreno situada entre la autovía de Colmenar Viejo (límite este), la tapia del monte de El Pardo (límite oeste) y zona T (límite sur).

Las condiciones de uso en esta zona, debido al abandono de los usos tradicionales y el carácter degradatorio, tienen un valor medio en el grado de conservación de sus ecosistemas, su valor productivo y el mal estado de conservación. En esta zona se permite la actividad agropecuaria, el fomento de la regeneración de los ecosistemas (en particular las plantaciones que orienten a este fin).

Los usos prohibidos y limitaciones son los establecidos según el apartado 7.1 y 7.4 del Plan Rector donde se destaca lo relevante para el proyecto:

Para la protección de Recursos Naturales:

- La creación de nuevas vías que dará reducida a aquellas imprescindibles para la adecuada gestión de recursos y uso público del parque autorizada por la Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Regional.
- Esta prohibido la quema de rastrojos en el parque.
- Prohibido actividades que afecten negativamente a la calidad de las aguas tanto superficiales como subterráneas y/o su riqueza fáunica.
- Prohibido sobrevolar en la zona de Reserva Natural a alturas inferiores a 2000 metros, salvo por razones de seguridad.
- Prohibido la circulación y estacionamiento de vehículos fuera de los viales adecuados para ello salvo las destinadas a la actividad agraria y ganadera.
- No está autorizado la modificación del régimen y composición de las aguas así como la alteración de sus recursos.

Para la protección del paisaje:

- Toda nueva instalación deberá dotarse con los medios necesarios para la depuración y tratamiento de los residuos que genera, procurando ubicarlas en zonas que no perturben el medio natural.
- Se prohíbe las actividades extractivas, canteras, areneros y graveras.

- La publicidad excepto los que promuevan el uso del parque, los cuales de deberán adecuar al entorno.

Para la protección de los recursos naturales:

- La circulación por la vía pecuarias se limitará a tránsito de personas y ganado, así como fines educativos culturales, o en todo caso su uso de debe compatibilizar con la conservación de los recursos del Parque y con su control de uso público.
- Las restauraciones y obras en monumentos, edificios e instalaciones de interés artístico, histórico arqueológico o etnológico deberán obtener el informe favorable del Patronato y la autorización de la Consejería de Educación y Cultura.
- Está prohibido utilizar cualquier denominación que incluya <<Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares>>, salvo que tenga autorización de la consejería.
- Prohibido realizar inscripciones, señales, signos y dibujos en piedras, árboles o cualquier elemento del medio natural, así como en todo mueble inmueble.
- Para la protección de la personas:
- Prohibido transitar fuera de los senderos e itinerarios establecidos para el uso público.

2.2. Condicionantes técnicos.

Los condicionantes técnicos para el proyecto constructivo y los análisis realizados previamente, vienen determinados por las normativas vigentes:

- Norma 3.1 IC - Trazado de carreteras.
- Norma 5.2 IC - Drenaje Superficial.
- Norma 6.1 IC – Secciones de firme.
- Norma 8.1 IC – Señalización vertical.
- Norma 8.2 IC – Señalización horizontal.
- Manual de Capacidad de Carreteras 2010.
- Catálogo de fallas en el pavimento para el cálculo del PCI, según la norma ASTM D6433.
- Trazado de carreteras con sistema 2+1, según la normativa alemana.
- Pliego de prescripciones técnica PG-3.
- Manual de señalización en Obras.
- Catálogo de señalización de vías ciclistas de la Comunidad de Madrid.

2.3. Condicionantes económicos.

2.3.1. Estado presupuestario de la Comunidad Autónoma de Madrid.

El informe de gastos e ingresos de la comunidad de Madrid para el 2015 indica que existe un déficit de 341,3 millones de euros, resultado de unos ingresos no financieros de 16.040,2 millones de euros y unos gastos no financieros de 16.381,6 millones de euros.

Por otro lado, considera como los ajustes más importantes los siguientes:

Inejecución: el grado de ejecución presupuestaria final se sitúa por debajo del 100 por ciento de los créditos aprobados, se ve necesario un ajuste que supone un menor gasto y ,por tanto, un menor déficit este ajuste lleva la suma de 275 millones de euros.

Intereses: la diferencia de los criterios de vencimiento de vencimiento y de devengo implica un ajuste negativo de 102,2 millones de euros , mayor déficit para la comunidad con relación al saldo presupuestario no financiero.

Inversiones de Asociaciones Público-Privadas (APP): La inversión en los contratos de concesión de obra pública, ha sido considerada como inversión pública para la contabilidad nacional. Para el 2015, la inversión asciende a 20 millones de euros y será considerado mayor gasto y por ende mayor déficit tanto para la contabilidad nacional, como para la comunidad.

Aportaciones patrimoniales a los entes y empresas públicas de la Comunidad: En contabilidad presupuestaria estas aportaciones se contabilizan como operaciones financieras, por lo que no afecta al saldo presupuestario no financiero, mientras que en contabilidad nacional, se consideran operaciones no financieras que afectan al déficit público, lo cual supone un mayor gasto y un mayor déficit estimado de 1.027,3 millones de euros.

Devolución de la liquidación negativa de ingresos a cuenta de 2009: Como la devolución se contabiliza como un ingreso negativo procede el ajuste positivo por importe de 55 millones de euros.

Otros ajustes: Déficits previstos de las Universidades Públicas y las fundaciones, las cuales afectan al cumplimiento del objetivo de estabilidad de la Comunidad de Madrid ascendiendo a la suma de 246 millones.

2.3.2. Presupuesto para carreteras.

La comunidad de Madrid considera la inversión en construcción y conservación de carreteras dentro del presupuesto global de inversión en infraestructura del transporte cuyo presupuesto estimado asciende a 2.170.598.937

EUROS El presupuesto pensado para la construcción y conservación de carreteras es de 209.781.03 EUROS.

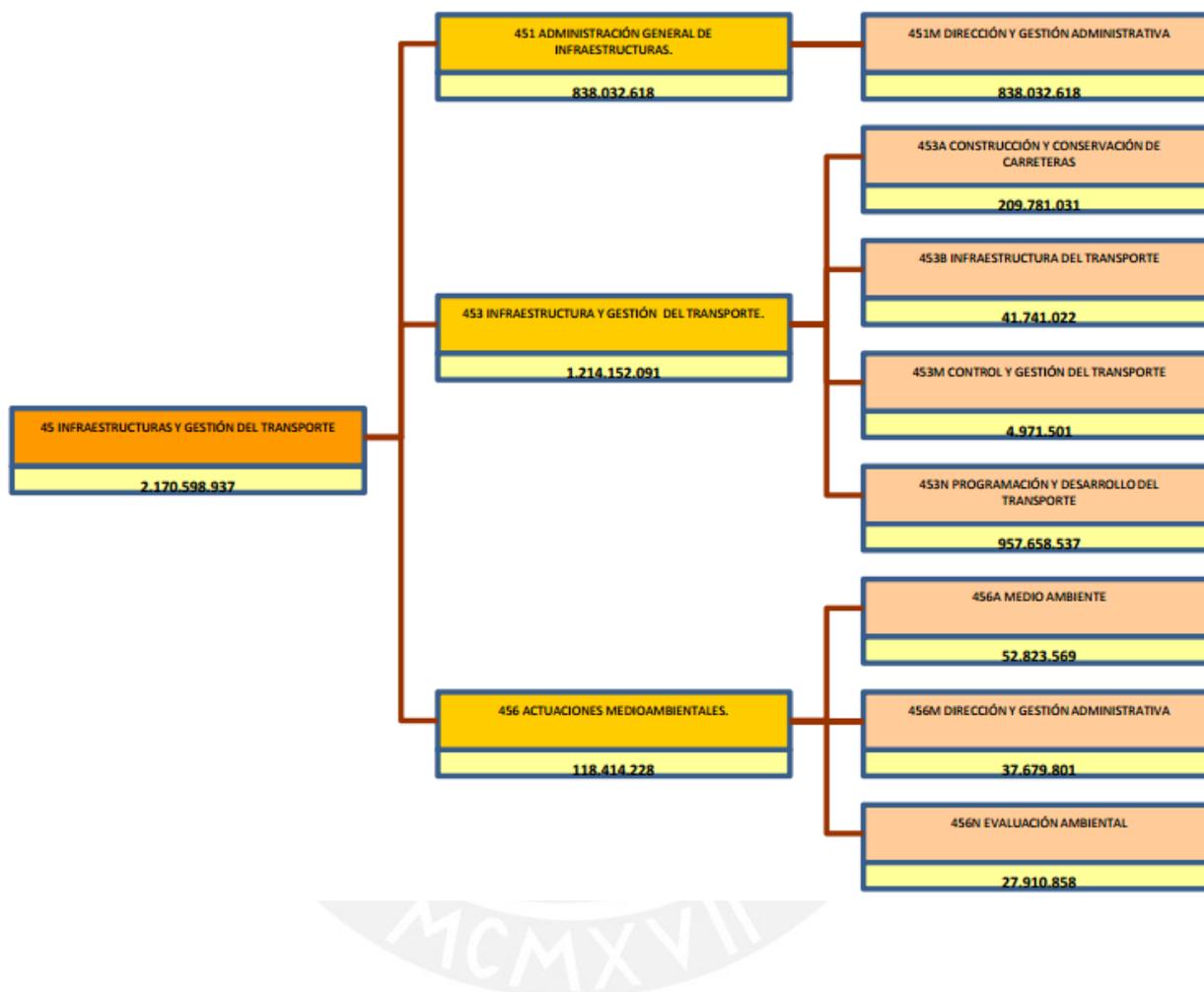


Gráfico 27. Presupuesto pensado para actuaciones de carácter económico en infraestructura y gestión del transporte. Fuente: Ingresos y gastos en la Comunidad de Madrid, 2015.

Con este presupuesto piensan realizar las siguientes actuaciones en la materia de carreteras:

- Finalización de la duplicación de la M-509 en el tramo desde la M-50 a Villanueva del Pardillo.
- Se finalizará la ampliación del tercer carril de la carretera M-503 entre la M-40 y la M-50.

- La eliminación o mejora de algunas intersecciones a nivel o de enlaces a distinto nivel con el objetivo de mejorar la capacidad de las carreteras y sobre todo la seguridad de las mismas.
- La mejora de la estructura sobre el río Perales en la M-510 en Aldea del Fresno.
- El nuevo carril de trenzado.
- Mejora de trazado en los ramales del enlace entre las carreteras M-503 y M-500.
- La mejora del enlace de la carretera M-607 con la M-603 en el término municipal de Madrid
- La remodelación del enlace de la carretera M-607 con la M-616
- El acondicionamiento y mejora de accesos en el margen derecho de la carretera M-104 en San Agustín de Guadalix
- El acondicionamiento de los accesos a las Urbanizaciones Montemorillo y Las Mojadillas en la M-600 (Valdemorillo)
- La instalación de una pasarela peatonal sobre la M-601 en Collado-Villalba y la instalación de una pasarela peatonal sobre la M-513 en Boadilla del Monte.
- La tramitación de los estudios informativos del nuevo enlace entre las carreteras M-100, M-106 y M-111, de la variante de la M-300 en Arganda y duplicación hasta Loeches, y del acondicionamiento de la carretera M-505 entre Molino de la Hoz y Galapagar
- La mejora del firme en diversos tramos de las carreteras M-100, M-203, M-404, M-506, M-510 y M-601

Para darle viabilidad al proyecto constructivo del estudio, se asumirá que parte del presupuesto otorgado para la gestión de carreteras en el año 2017 será designado para la mejora de la carretera M-607 en el tramo comprendido entre Colmenar Viejo y Cerceda.

CAPÍTULO 3

Diagnóstico Final

3.1. El trazado horizontal y alzado de la carretera.

La carretera en general no es sinuosa, aunque la mitad de la carretera en sentido directo presenta mayor sinuosidad que la segunda parte de la misma. También, hay una falta de coordinación planta-alzado generando pérdidas de orientación y pérdidas del trazado. Aunque tenga estos errores en el trazado geométrico, el análisis de consistencia de la carretera en ambos sentidos nos da como resultado que la carretera es consistente, por tanto los conductores se pueden adaptar bien a la misma.

Con respecto a la visibilidad la carretera, debido a lo explicado anteriormente, tiene tramos de muy poca visibilidad en especial en zonas de curvas cerrada donde el talud o la vegetación de la zona impiden la visualización de la carretera. Los puntos críticos de a corregir en la carretera son los siguientes:

Sentido Colmenar viejo- Cerceda

-P.K. 0+178 a 0+693: Curva de 450 m .Existe una pérdida de orientación y trazado así como una falta de visibilidad de 36 m como valor máximo en dicho tramo. Por otro lado, en el análisis de consistencia da como resultado que existe una variación de velocidades tanto la V_{85} con la $V_{diseño}$ y V_{85} en tangente con V_{85} en curva entre 10km/h y 20 km/h, no son valores críticos pero generan incomodidad al usuario de la vía.

-P.K. 1+937 a 2+256: Curva de 450 m. Pérdida de orientación y trazado, lo cual genera un error de visibilidad de 34 m. El talud impide la visualización.

-P.K. 2+813 a 3+407: Curva de 615 m. Existe una pérdida de visibilidad de 8m, una pérdida de orientación.

-P.K. 5+537 a 6+077: Curva de 470 m. Error de visibilidad de 43 m, pérdida de orientación. El talud y la vegetación impiden la visualización en una curva de larga longitud.

-P.K. 7+839 a 8+135: Curva de 450 m. Error de visibilidad de 28 m .Tramo sinuoso donde la visibilidad está impedida por la vegetación.

-P.K. 8+921 a 9+208: Curva de 450. Error de visibilidad de 31m. Existe una pérdida de orientación y de trazado. La curva es cerrada de gran longitud y el talud impide la visualización de la vía.

Sentido Cerceda - Colmenar viejo:

-P.K. 9+522 a 9+448: Curva de 500m.Error de visibilidad de 6m.

-P.K. 8+616 a 8+483: Curva de 450m. Error de visibilidad de 46m. Hay una pérdida de orientación y de trazado debido a la curva cerrada y de considerable longitud en el cual la vegetación impide la visibilidad.

-P.K. 8+055 a 7+933: Curva de 450 m. Error de 6 m. Existe una pérdida dinámica.

-P.k. 6+382 a 6+150: Curva de 500 m. Error de 14 m. Existe una pérdida del trazado.

-P.K. 4+200 a 4+106: Curva de 450. Error de 38m. Pérdida de Orientación y trazado.

-P.K. 3+762 a 3+480: Curva de 450m. Error de 40m. Existe una pérdida del trazado y la vegetación impide la visibilidad en ese tramo.

-P.K. 2+518 a 2+330: Curva de 450m. Error de 16 m. Pérdida de orientación. Existe un corto tramo de talud y la vegetación que impiden la visibilidad del tramo.

-P.K. 1+781 a 1+660: Curva de 500m. Error de 8m.

-P.K. 1+023 a 0+931: Curva de 500 m. Error de 9 m.

El detalle del mismo se observa en el ANEXO 2.

3.2. Estado del Pavimento.

La plataforma principal se encuentra en buen estado de manera general, en 2013 hubo un mantenimiento de la vía en ese tramo por lo cual actualmente no existe problemas de capacidad portante, de rozamiento transversal y regularidad. En los arcones sí se observó en tramos imperfecciones en la superficie (piel de cocodrilo) debido al desgaste.

Sin embargo, se realizará una rehabilitación superficial en toda la plataforma para mejorar la seguridad de la carretera.

3.3. Obras de drenaje.

Longitudinales:

-Las cunetas. La vegetación y los desprendimientos de los taludes, impiden el correcto funcionamiento de las mismas. Los surcos de terreno natural que conectan las cunetas de concreto las alcantarillas están contaminados e impiden el flujo del caudal proveniente de la plataforma.

-Pasos salvacunetas: La abundante vegetación que rodea a los pasos salvacunetas impide su correcto funcionamiento, mientras que algunos no se conectan correctamente con las cunetas y otras están deterioradas; por ejemplo, se encontró un paso salvacunetas en el cual el dintel superior se encuentra desacoplado del mismo probablemente producto de un accidente.

-Obras de drenaje transversales: En general se encuentran en buen estado. Se observó que no presentan conexiones directas con las cunetas, y la vegetación ha ido ocultándolas impidiendo así su correcto mantenimiento.

Para ambos casos la capacidad de drenaje sigue siendo el adecuado para transportar las aguas pluviales provenientes de la plataforma, sin embargo les hace falta una limpieza general para evitar estancamientos futuros.

3.4. Puentes y pasos a desnivel.

Los puentes y pasos a desnivel no presentan ningún daño estructural y soportan el tráfico de la carretera sin problemas. No se planteará ninguna acción correctiva en estos elementos.

3.5. Señalización.

Vertical: En algunos tramos de la vía se observaron barreras flexibles en estado de deterioro y algunos abollados, probablemente producto de accidentes producidos en la carretera. Las balizas se encuentran rotas en ciertos tramos de la vía, posiblemente por conductores que desbordaron la plataforma de la carretera, debido a la realización de maniobras peligrosas. Las señalizaciones verticales de advertencia, indicación y reglamentación, en se encuentran en buen estado.

Horizontal: Se encuentran en buen estado. Hubo un mantenimiento del pavimento en 2013 con lo cual se han repintado y actualmente se logran visualizar todas sin problemas.

3.6. Vías pecuarias y Ciclovía.

Ciclovía: Existe una demanda de ciclistas que realizan rutas en esta carretera. Sin embargo, no existe un carril bici paralelo a la carretera (como ocurre en los tramos anteriores de la M-607), los ciclistas que realizan rutas por la carretera utilizan los arcones en ambos sentidos realizando un desplazamiento cerca de vehículos que van a una velocidad de más de 100 km/h. Por lo que, existe una necesidad de la existencia de un carril bici paralelo a la carretera, otorgando así un mejor nivel de servicio a estos usuarios de la vía y mejorando la seguridad de los ciclistas que se desplazan por este tramo.

Vías pecuarias: Están correctamente señalizadas, conectan las carreteras con puntos turísticos y con el embalse de Manzanares El Real. Estas vías nos sirven como alternativas al momento de atravesar los pasos de desnivel como los puentes y las cañadas. Los aficionados al senderismo las utilizan para realizar rutas por la zona. Se podría promocionar el uso de estas vías señalizándolas su ubicación en los puntos turísticos.

3.7. Análisis de tráfico y accidentalidad.

El flujo de vehículos en esta vía son para conectar a Madrid con lo poblaciones del Bolao, Cerceda, Navacerrada, El Collado Mediano, Los Molinos, La Ponderosa de la Sierra y conectar con la carretera M-601 para dirigirse en dirección al Puerto de Navacerrada. Y al pasar por una zona de parques naturales es una carretera de importancia turística. El IMD ha ido aumentando en los últimos años debido al crecimiento de las poblaciones que conectan la carretera, también por el crecimiento turístico del puerto de Navacerrada y los paisajes naturales del parque nacional de Manzanares el Real.

La DGT no considera dentro de su listado de tramos de alta accidentalidad a la M-607 entre Colmenar Viejo y Cerceda como una vía peligrosa. Sin embargo, en esta vía debido a la gran demanda de coches que se desplazan todos los días, hay situaciones en donde están propensos a los accidentes debido a la falta de visibilidad de coches en ciertas curvas de tramo, adelantamientos no permitidos en la vía lo cual a ser una vía de un solo carril por sentido ocasionaría que el coche en el otro sentido realice una maniobra peligrosa impactando su vehículo con las barreras metálicas.

3.8. Análisis de la velocidad ideal de la carretera.

Según el análisis de tráfico realizado anteriormente, la velocidad a la cual deberían de circular los vehículos teniendo en cuenta la integración de otros usuarios de la vía, como ciclistas y buses de transporte público, y la contaminación ambiental. Se obtuvo como velocidad ideal a la cual deberían de circular los vehículos debería de ser de 90 Km/h, ya que a esta velocidad se logra un menor tiempo de recorrido, con menores adelantamientos y menor porcentaje de tiempo siguiendo. Por otro lado, al estar diseñada la carretera a una velocidad de 100 Km/h, la propuesta de que se desplacen a 90 Km/h dará un margen de reacción a los vehículos para evitar accidentes debido a maniobras peligrosas. Además, según estudios medioambientales las velocidades a las cuales los vehículos producen menores cantidades de gases contaminantes están dentro del rango de los 70 Km/h a los 100 Km/h. Por lo que, a los 90 Km/h la velocidad sería ideal y la propuesta para la circulación de la vía.

También se realizó un estudio de capacidad y niveles de servicio de la carretera, donde se llegó a la conclusión que la carretera llega a un nivel de servicio E cuando supera los 10000 veh/día. En el año 2014 el IMD de la M-607 entre Colmenar Viejo y Cerceda fue de 14075 veh/día, por lo que sí es necesario una actuación para mejorar el servicio de la carretera.

El factor que penaliza más el nivel de servicio es el porcentaje de tiempo siguiendo, mientras que la velocidad promedio en esta carretera da niveles de servicio A y B. Llegando a la conclusión que si se permiten mayores tramos de adelantamiento existirá un mejor nivel de servicio en la carretera. La propuesta de ampliar a un tercer carril y convertir la carretera en un sistema 2+1 mejoraría significativamente el nivel de servicio del tramo.

En conclusión, la solución ideal desde el punto de vista funcional sería una carretera con sistema 2+1 y que se transite a una velocidad de 90 Km/h.

En el reportaje fotográfico se puede observar los detalles explicados en este apartado.



CAPÍTULO 4

Propuestas de solución y selección de alternativas

4.1. Propuestas de solución.

Luego de realizar el diagnóstico final de la vía y compatibilizarlo con los condicionantes actuales que presenta la carretera (siendo el condicionante medioambiental un factor importante a la hora de la toma de decisiones). Se proponen cuatro diferentes propuestas que ayudarán a mejorar el nivel de servicio de la carretera.

4.1.1. Alternativa 1.

Se propone como primera medida el escenario de no realizar ninguna trabajo de mejora en la carretera y observar cómo va evolucionando su comportamiento con el pasar del tiempo. Esta propuesta se plantea con el objetivo de comparar este escenario con los otros donde se realizarán actuaciones para mejorar el servicio de la carretera.

4.1.2. Alternativa 2.

En esta propuesta de solución se realizarán actuaciones más simples que mejorarán los niveles de servicio de la carretera, hasta que las demandas de la carretera requieran actuaciones más complejas en la vía para mejorar el nivel de servicio.

Se realizaran actuaciones de limpieza y mantenimiento de las obras de drenaje (longitudinal y transversal), removiendo la vegetación y los residuos provocados por los deslizamientos de los desmontes. Se intervendrán en todas las obras de drenajes existentes: cunetas, pasos salvacunetas y las alcantarillas.

Para mejorar la seguridad en el tránsito de la carretera se repondrán las barreras metálicas que han sido dañadas, así como la reposición de balizas reflectoras en los puntos donde han sido removidos, para mejorar la visualización de la carretera de noche. También se realizará una rehabilitación superficial del firme de toda la plataforma (incluyendo los arcenes) realizando un fresado y posteriormente un recrecimiento de 5 cm para mejorar la adherencia entre el pavimento y la rueda del vehículo, para dar un mejor nivel de servicio al usuario.

En orden de mejorar la visibilidad de los tramos indicados en el diagnóstico de la carretera, se realizará un reperfilado de los desmontes con el objetivo de mejorar la seguridad del viaje. También se realizará un podado de la vegetación en

los tramos indicados anteriormente donde la vegetación impide la visibilidad de los coches que se desplazan en sentido contrario.

Se incluirá un carril bici paralelo a la carretera, este debe de contar con el espacio mínimo para dos carriles, uno por sentido, y debe de estar segregado de la carretera por una barrera rígida. El tipo de firme será similar al carril bici existente en la M-607, la cual finaliza en el enlace con la M-609, y además debe de conectar con los carriles bicis existentes en Colmenar viejo que intersectan con la carretera M-607 en dirección a Cerceda.

4.1.3. Alternativa 3.

En esta propuesta se propondrá una solución más completa para resolver el problema existente en la carretera de Colmenar Viejo, dando así un mejor nivel de servicio en toda su vida útil.

Como parte principal de la solución se propone implantar una carretera 2+1, para generar mayor posibilidad de adelantamientos en el tramo, sin riesgos de accidentes, además de aumentar la capacidad de la carretera y el nivel de servicio de la misma. Para implantar una carretera 2+1 se ampliará la plataforma para que existan tres carriles, el carril intermedio servirá de adelantamiento intercalando el sentido del adelantamiento.

En esta solución se propone como medida, al igual que la solución anterior una limpieza y mantenimiento de las obras de drenaje, removiendo la vegetación que existe en ella. También se realizarán ampliaciones de las obras de drenaje transversales existentes, así como la construcción de nuevas cunetas para el tercer carril existente.

Se realizará la rehabilitación superficial del firme, reponiendo la plataforma entera incluyendo los arcenes, con el objetivo de uniformizar el pavimento en toda la plataforma, mejorando la seguridad y la comodidad de los viajeros que utilicen la vía.

Se repondrán los elementos de seguridad dañados como las barreras metálicas flexibles y las balizas reflectoras. Además se deberá de trasladar los elementos de señalización vertical en el lado donde se hará la ampliación del tercer carril y agregar nuevas señalizaciones verticales para los nuevos tramos de adelantamiento que aparecerán en la solución propuesta. Con respecto a la señalización horizontal, se deberá de señalar los carriles de adelantamiento, tal como indica la normativa vigente y la normativa alemana en carreteras 2+1.

Se podará la vegetación en zonas de poca visibilidad. Al tener un sistema 2+1 existirá suficiente visibilidad para realizar adelantamientos en los desmontes, por lo que en esta solución no se ampliará la berma en ningún desmonte.

También para mejorar la seguridad de los ciclistas también se propondrá un carril bici paralelo a uno de los lados de la carretera. Esta tiene las mismas características que la solución anterior: doble carril (uno por sentido), firme similar al carril bici existente y que conecte con los carriles bici existentes a la salida de Colmenar Viejo y que conectan con la M-607 en dirección a Cerceda.

4.1.4. Alternativa 4.

Esta solución solucionaría todos los problemas de funcionalidad de la carretera y, a la vez, daría un nivel de servicio alto, aumentando la capacidad de la vía, en esta propuesta se propone la transforma de la carretera convencional en una autovía y con carriles bici en ambos lados de la carretera.

Se duplicará la vía ampliando un carril extra en cada sentido, con el objetivo de aumentar la capacidad de la vía y evitar los adelantamientos. Además generará mayor comodidad a los usuarios de la vía tanto los vehículos ligeros como pesados, quienes transitarán en menor tiempo que el actual.

Como se duplicará la vía las obras de drenaje longitudinales se tendrán que construir nuevamente y, a la vez, las obras de drenaje transversales se tendrán que ampliar para su correcto funcionamiento.

La rehabilitación superficial del firme se hará con un recrecimiento del pavimento con el objetivo de uniformizar todos los carriles de la carretera (la misma adherencia en los nuevos carriles y los antiguos).

Las barreras flexibles existentes, las señalizaciones verticales y las balizas, tendrán que ser reinstaladas una vez se duplique la plataforma también habrá que instalar nuevas señalizaciones propias de una autovía. Por otro lado, habrá que repintar las señalizaciones horizontales delimitando los carriles interiores por líneas discontinuas y los bordes con una línea continua tal como indica la normativa de señalización.

En esta solución se propone dos carriles bici (uno en cada lado de la autovía), de doble sentido cada carril correctamente segregado de la autovía y con las mismas características descritas en las propuestas anteriores, a mayor capacidad del carril bici más ciclistas se verán atraídos a utilizar esta carretera para sus rutas de recreación.

4.2. Evaluación y selección de alternativas.

Luego de proponer las posibles soluciones, para la mejora de la carretera M-607 entre Colmenar Viejo y Cerceda, se deberá de hacer una evaluación de las alternativas y posteriormente la selección de la alternativa ideal. Para realizar este procedimiento se considerará cuatro criterios que se complementan entre sí para obtener la alternativa óptima.

- **Criterio Funcional:** se evaluará el nivel de servicio que proporcionará la carretera a los usuarios de la carretera. Los usuarios no sólo son los vehículos ligeros, también se tendrá en cuenta la funcionalidad de la carretera para los ciclistas, el transporte público y los residentes que tienen sus fincas aledañas a la carretera.
- **Criterio Medioambiental:** se suma importancia en esta evaluación. Al atravesar el Parque Regional de la Cuenca de Manzanares el Real, se valorará mejor la alternativa que realice actuaciones con el menor impacto medioambiental posible.
- **Criterio Social:** se evaluará el impacto que tiene cada una de las alternativas propuestas en la sociedad. Es decir, si promueve el turismo, la disminución de los accidentes en la vía, etc.
- **Criterio Económico:** como en todo proyecto la evaluación económica del proyecto es determinante para la elección de un proyecto sobre otro. Aunque la alternativa seleccionada sea la mejor puntuada en los otros criterios, si el costo para su implementación es alto será inviable realizarlo.

4.2.1. Criterio Funcional.

Para este criterio se analizará cada alternativa en cuatro apartados: funcionalidad para el automóvil, funcionalidad para ciclistas, funcionalidad para el transporte público y la funcionalidad para las fincas aledañas. Este criterio tendrá un peso del 25% del total.

4.2.1.1. Funcionalidad para el automóvil.

Se tomaron en cuenta los siguientes indicadores:

- **Tramos de adelantamiento:** Se evaluará del 0 a 10 el porcentaje de tramos de adelantamiento que tiene la carretera. A mayor cantidad de adelantamientos se disminuirá el porcentaje de tiempo siguiendo, así mejorará el nivel de servicio de la carretera.

- **IRI:** El índice de regularidad superficial. Nos da una idea de la calidad superficial del pavimento a mayor valor del IRI el nivel de servicio es peor llegando a ser intransitable si se obtiene un IRI de 12 mm/m.

Se asumirá los valores del IRI para una velocidad de 100 Km/h , una vez cumplida la vida útil del proyecto (luego de los 20 años de la implantación del proyecto). Se puntuará un valor de 0 a 10, puntuando con 0 si el valor del IRI llega a ser de 12 mm/m.

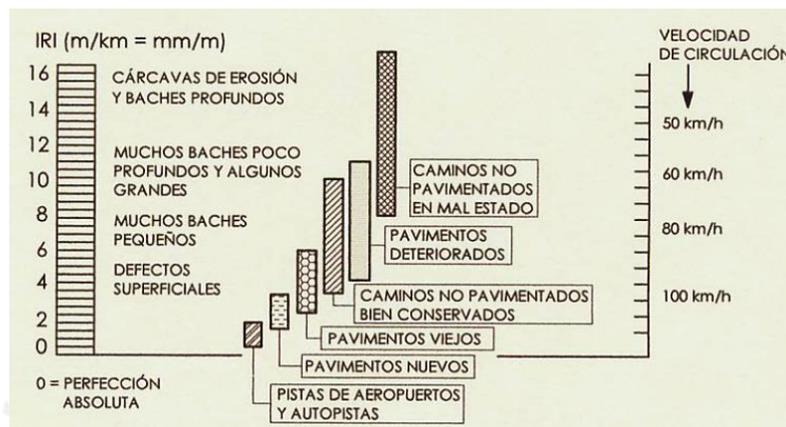


Gráfico 28. Valores de IRI según la velocidad de circulación. Fuente: Apuntes de planificación y gestión de carreteras, 2016.

- **Nivel de servicio:** El nivel de servicio de la carretera se obtendrá del Manual de Capacidad del 2010. Se evaluará los niveles de servicio tanto para la autovía, como para la carretera 2+1 y la carretera convencional. Los niveles de servicio propuestos por el Manual de Capacidad son desde el nivel A hasta el E. La puntuación será de 0 a 10, obteniendo el máximo puntaje la alternativa que tenga un nivel de servicio A.
- **La capacidad de la carretera:** La capacidad de la carretera es el máximo número de vehículos que puedes desplazarse con la vía si saturarse, la unidad de medida es veh/h. Se puntuará del 0 a 10, la máxima puntuación la tendrá la alternativa que presente la mayor capacidad de carretera.
- **Visibilidad de la carretera:** La visibilidad de la carretera es determinante para la seguridad. La falta de visibilidad en la carretera provoca incomodidad en los usuarios y posibles accidentes. Se evaluará este criterio del 0 a 10, se puntuará de acuerdo a las soluciones propuestas de cada alternativa para mejorar la visibilidad en la carretera.
- **Consistencia de la carretera:** Al igual que la visibilidad el análisis de consistencia es un indicador de comodidad y seguridad a la vía. En el análisis de consistencia se evalúa la diferencia de velocidades reales V85 con la

Vdiseño. Al ser el más consistente la carretera presenta un mejor nivel de servicio.

La alternativa 1, la cual es la carretera en su estado actual, tiene las siguientes características:

- Sus tramos de adelantamiento en toda la vía es menos que el 20% tanto en un sentido como en el otro.
- La regularidad superficial del pavimento, luego de su vida útil, llegará a tener un valor superior a comparación de las otras alternativas.
- El nivel de servicio de carretera, según el Manual de Capacidad del 2010, es F debido a que mayor intensidad que su capacidad diaria.
- La capacidad de la carretera es la menor de todas las alternativas debido a que sólo tiene un carril por sentido.
- No se hacen actuaciones para mejorar la visibilidad de la carretera.
- La consistencia es la aceptable, según los estudios realizados previamente, la consistencia del trazado es de nivel (la diferencia entre la V85 y la Vdiseño < 10 Km/h). El conductor no tiene problemas para desplazarse por la vía.

La alternativa 2, donde se proponen soluciones para mejorar la seguridad vial, tiene las siguientes características:

- Los tramos de adelantamiento son igual que la solución anterior, ya que no se interviene en esto.
- La realización de una rehabilitación superficial otorga un mejor nivel de regularidad superficial en la carretera durante toda su vida útil.
- Al no realizar ampliaciones de la plataforma y no permitir mayores tramos de adelantamiento en la carretera. El nivel de servicio y la capacidad de la vía son las mismas que en la alternativa 1.
- El perfilado de los desmontes y el podado de la vegetación en zonas que impiden la visibilidad, darán un mejor nivel de servicio a la carretera, puntuándose de manera superior que la alternativa anterior.
- La consistencia sigue siendo la misma debido a que no se ha modificado nada en la geometría de la vía.

La alternativa 3, donde se proponen una carretera 2+1 para mejorar el nivel de servicio de la vía, tiene las siguientes características:

- Se aumentan los tramos de adelantamiento para ambos sentidos, porque el carril intermedio se va intercalando en un sentido u otro. Se puntuará de mejor manera que las anteriores alternativas.
- También se harán actuaciones de mejora de rehabilitación superficial, para la mejora de la adherencia entre el pavimento y la rueda, a la vez que se

uniformiza el pavimento nuevo con el antiguo. Su puntuación será similar a la alternativa 2.

- El nivel de servicio según el Manual de Capacidad del 2010, es mejor que las soluciones anteriores debido a que permite, el adelantamiento de los vehículos y la velocidad de recorrido es alta.
- La capacidad de la vía aumenta con respecto a las otras alternativas, debido a la implantación del tercer carril.
- En zonas donde la vegetación impide la visualización se realizará el podado de las mismas, por esto también existe una mejora en la visibilidad de la vía.
- La carretera 2+1 es más aceptada que una carretera convencional. Al permitir mayor cantidad de tramos de adelantamiento elimina la ansiedad que tienen los conductores en una carretera convencional, de una sensación de mejora de la seguridad y tiempos de viaje mejores a los previstos. Estos también son factores importantes al realizar el análisis de consistencia de la carretera, porque los conductores se llegan a adaptar rápidamente a este tipo de sistemas y son muy aceptados en otros países de Europa.

La alternativa 4, en la cual se propone una autovía de doble carril por sentido, tiene las siguientes características:

- Los tramos de adelantamiento son el 100% aproximadamente, exceptuando los pasos a desnivel.
- Al igual que en la alternativa 3 se realizará una rehabilitación superficial en el pavimento antiguo, con el objetivo de uniformizar el pavimento nuevo como el antiguo.
- El nivel de servicio de la autovía, según el Manual de Capacidad, es el superior con respecto a las otras alternativas ya que no existen problemas de adelantamiento. Además se logrará tener mayores valores de velocidad de desplazamiento.
- Al duplicar la carretera, la capacidad aumenta aproximadamente al doble de la carretera en su estado inicial y tienen mayor capacidad que la alternativa 3 donde sólo amplias un solo carril.
- La visibilidad en todo el tramo aumenta debido a la ampliación de los carriles.
- La consistencia de la autovía es mejor, porque se adaptan de manera rápida tanto automóviles como buses de transporte público.

Los resultados de la evaluación funcional para el automóvil se muestran en la siguiente tabla.

Criterio\Alternativas	1	2	3	4
Visibilidad	3	6	8	8
Consistencia	8	8	10	10
Nivel de servicio	0	0	3	7
IRI	1	5	5	5
Adelantamiento	1	1	7	9
Capacidad	3	3	6	10
TOTAL	16	23	39	49

Tabla 19. Evaluación funcional para vehículos ligeros.

4.2.1.2. Funcionalidad para otros usuarios de la carretera.

La funcionalidad no sólo ha de evaluarse para los vehículos, ya que la carretera no es de uso exclusivo de ellos. Por la carretera de Colmenar Viejo también circulan ciclistas, buses de transporte público y vehículos de pesados. Tampoco habrá que olvidar a los usuarios de la carretera quienes tienen terrenos y fincas aledañas a la vía, ellos también se verán afectados según la alternativa que se proponga. Los indicadores para estos usuarios son los siguientes:

- **Tráfico:** En este factor se evaluará en tránsito de los otros usuarios en la carretera según las alternativas propuestas. Si el flujo del tráfico es fluido se valorará con la mejor puntuación, este indicador está relacionado con la capacidad de la vía y el nivel de servicio de la misma. La puntuación será de 0 a 10.
- **Seguridad:** Para el análisis de la seguridad se evaluarán los posibles accidentes que pueden sufrir los otros usuarios de vía; por ejemplo, los ciclistas y la frecuencia de los mismos. Cada alternativa tendrá una puntuación del 0 a 10 para este indicador.
- **Accesibilidad:** Se valorará positivamente si la alternativa propuesta fomenta la integración de los otros usuarios que utilizan la carretera. Se puntuará de 0 a 10.
- **Señalización:** La correcta señalización de accesos, salidas, zonas de adelantamiento, accesos a carriles bici y a itinerarios de rutas de senderismo en la alternativa propuesta será valorado en este indicador. Se puntuará de 0 a 10.
- **Trazado:** El trazado también es importante para los otros usuarios. Por ejemplo, los ciclistas pueden tener trazados menos restrictivos y más funcionales para sus desplazamientos. Se puntuará de 0 a 10.

- **Servicios:** Otro factor importante es la cantidad de servicio que propone cada alternativa para los otros usuarios. Por ejemplo, los buses de recreación les será útil tener espacios disponibles en los puntos turísticos para realizar sus paradas; los ciclistas valorarían positivamente que existan puntos de descanso en la carretera donde puedan comer y beber agua, etc.

La valoración de cada uno de estos indicadores se muestra en la tabla.

Criterio\Alternativas	1	2	3	4
Tráfico	6	8	8	8
Seguridad	1	8	8	8
Accesibilidad	7	7	3	1
Señalización	3	4	7	7
Trazado	3	7	7	7
Servicios	3	3	6	8
TOTAL	23	37	39	39

Tabla 20. Evaluación de funcionalidad para los ciclistas.

Criterio\Alternativas	1	2	3	4
Tráfico	2	2	7	9
Seguridad	1	4	7	8
Accesibilidad	7	7	6	6
Señalización	3	5	7	7
Trazado	3	5	7	8
Servicios	3	3	7	8
TOTAL	19	26	41	46

Tabla 21. Evaluación de funcionalidad para el transporte público.

Criterio\Alternativas	1	2	3	4
Tráfico	4	4	5	7
Seguridad	6	6	5	4
Accesibilidad	6	6	4	4
Señalización	7	7	7	7
Trazado	3	3	7	5
Servicios	3	3	5	6
TOTAL	29	29	33	33

Tabla 22. Evaluación de funcionalidad para los dueños de las fincas aledañas.

Finalmente la funcionalidad general de cada alternativa se obtiene luego de normalizar los resultados anteriores y sumándolos como se muestra en esta tabla.

	Automovil	Tte. publico	Bicicleta	Usuarios fincas	TOTAL
Alternativa 1	2.65	3.17	3.17	4.83	13.82
Alternativa 2	3.82	4.33	4.33	4.83	17.32
Alternativa 3	6.50	6.83	6.83	5.50	25.67
Alternativa 4	8.24	7.67	7.67	5.50	29.07

Tabla 23. Resultado final de la funcionalidad general de cada alternativa.

Como era de esperar, la mejor puntuada es la alternativa 4. La propuesta de autovía es la solución más lógica para la carretera aumentando la capacidad de la carretera y mejorando el nivel de servicio para todos los usuarios de la carretera. La propuesta de carriles bici en ambos lados de vía provoca mejora los servicios de la carretera para los ciclistas.

4.2.2. Impacto Social.

Es importante determinar el impacto social que generan las nuevas alternativas en el entorno de la carretera. Cualquier actuación de mejora de una infraestructura debe ser aceptada por la sociedad, ya que la principal razón por la cual realizan dichas mejoras para satisfacer sus necesidades. Su peso en para la evaluación general es del 25%.

Para realizar el análisis del beneficio social se tendrá en cuenta la evaluación de los siguientes indicadores:

- **Accesos a la carretera:** Es importante de las alternativas conserven o mejoren la accesibilidad de la carretera, a mejor accesibilidad los usuarios realizarán sus desplazamientos por esta carretera y así las poblaciones aledañas a la carretera se integran mejor a la comunidad e incrementan su economía.
- **Accidentalidad:** Uno de los factores más importantes dentro del aspecto social. A mayor índice de accidentalidad los usuarios dejarán de usar la vía, provocando que utilicen itinerarios que requieran mayores tiempos de desplazamiento y las actuaciones de mejora que se hayan propuesto serán una inversión perdida.
- **Turismo:** Una carretera en buen estado atrae a la mayor cantidad de usuarios. Además, si se promueve los puntos turísticos que presenta la vía generaría un beneficio económico extra a la región.
- **Expropiaciones:** Las expropiaciones son en la mayoría de proyectos son los causantes de que estos se paralicen. Expropiar terrenos a la población genera

el descontento general, por los que las alternativas deberán de tener en consideración este indicador.

Para la evaluación del impacto social se utilizará la matriz de Leopold y tendrá las siguientes características:

- La magnitud del impacto será medido de 0 a 10 y puede ser positivo o negativo.
- La intensidad del impacto será de 0 a 10.
- Se tendrán en cuenta las actuaciones que tiene cada alternativa para su evaluación.
- Al final se ponderará los impactos sociales para su comparación con los otros criterios.

Alternativa 1

Como en esta alternativa no se realiza ninguna actuación en concreto. El nivel de servicio de la carretera empeorará saturándose la vía, lo cual provocará que exista mayor cantidad de accidentes, disminuirá la accesibilidad de la vía y, por tanto la pérdida del turismo. El único aspecto positivo es que no existirán expropiaciones. En términos generales se podría decir que el beneficio social que genera esta alternativa es de un tres en una ponderación del cero al diez.

Alternativa 2

En esta alternativa se realizan actuaciones para la mejora de la seguridad vial y el estado de conservación del pavimento. Así como la proposición de un carril bici, lo cual genera un beneficio social mejor que la alternativa uno.

Alternativa 3

La presencia de un carril extra para permitir adelantamiento de una manera más segura. A la vez, que aumenta la capacidad de la carretera, el nivel de servicio y, por tanto, mayores usuarios y turismo en la zona. También tienen la existencia de un carril bici para integrar a todos los usuarios de la vía y que se desplacen de una manera segura por la misma. Con respecto a las expropiaciones estas son las mínimas posibles evitando afectar a los propietarios de las tierras aledañas a la vía.

Alternativa 4

Presenta las mismas características que la alternativa anterior, tiene una mejora calidad de servicio, al tener mayor capacidad que las alternativas anteriores genera mayor flujo de vehículos siendo un beneficio económico para la sociedad y promueve el turismo. El problema de esta alternativa son las expropiaciones: la duplicación de la carretera y la creación de carriles bici en ambos lados de la vía

obliga a aumentar el área de afección invadiendo los terrenos aledaños para su correcta implementación en la vía.

El cuadro final de ponderación de luego de la evaluación de las alternativas con la matriz de leopold es el siguiente:

	IMPACTO SOCIAL		PONDERACIÓN
Alternativa 1			3.00
Alternativa 2	61	70	6.70
Alternativa 3	68	86	7.47
Alternativa 4	50	91	5.49

Tabla 24. Resultado final de impacto social.

Las matrices de leopold utilizadas para la evaluación del impacto social se adjuntarán en el ANEXO 3.

Según la evaluación del impacto social la alternativa 3 es la que genera un mayor beneficio en la sociedad.

4.2.3. Impacto Medioambiental.

La evaluación medioambiental, es uno de los factores más determinantes para la elección de la alternativa ideal. La carretera atraviesa el Parque Regional de la Cuenca Baja de Manzanares el Real, cuyos estatutos prohíben realizar obras dentro del parque a menos que sea de necesidad pública y sea aprobado por los encargados del parque. Por ello, el impacto en la carretera debe ser el mínimo posible para que se apruebe el proyecto de mejora de la Carretera de Colmenar Viejo. Representa un 30 % de la evaluación general de todos los criterios.

Los indicadores para la evaluación del impacto medioambiental son los siguientes:

- **Impacto paisajístico:** En este indicador se tendrá en cuenta si la alternativa tiene propuesto la rehabilitación del paisaje una vez finalizada las actuaciones y cuando influye este en el entorno del parque regional.
- **Residuos:** Durante el proyecto constructivo existirán procedimientos que producirán residuos, algunos de ellos serán nocivos para el medioambiente. Se evaluará su correcta evacuación y el reciclado de elementos de construcción.

- **Contaminación del aire:** La contaminación del aire se producirá por la cantidad de partículas en suspensión se genere debido a los movimientos de tierra, la combustión de las máquinas de construcción y la cantidad de vehículos pasen por la carretera según la alternativa propuesta.
- **Afección a la flora:** Se valorará positivamente que las alternativas que realicen el menor impacto a la vegetación del parque regional.
- **Afección a la fauna:** Cerca de la carretera no se observa la presencia de animales, así que este indicador no será predominante en la evaluación de las alternativas. En todo caso, se valorará que existan posibles pasos por la alcantarillas para animales que quisieran atravesar la vía.

Para la evaluación del impacto medioambiental se utilizará la matriz de leopold y tendrá las siguientes características:

- La magnitud del impacto será medido de 0 a 10 y puede ser positivo o negativo.
- La intensidad del impacto será de 0 a 10.
- Se tendrán en cuenta las actuaciones que tiene cada alternativa para su evaluación.
- Al final se ponderará los impactos sociales para su comparación con los otros criterios.

Alternativa 1

Al no realizar ninguna actuación en la carretera la afección al medioambiente es mínima valorándose como de los menores impactos posibles entre todas las alternativas. Sin embargo, con el pasar de los años el tráfico en la carretera aumentará generando mayores retrasos en la vía, provocando a los vehículos reducir su velocidad y así contaminar más. Por otro lado, la deficiencia del pavimento provocará que los vehículos se deterioren, provocando fugas de aceite en la vía afectando directamente al medioambiente.

Alternativa 2

En esta alternativa las mayores afecciones son la generadas por los residuos del perfilado de los desmontes, los residuos de vegetación provenientes del mantenimiento de la obras de drenaje, el fresado del pavimento. También existirá un impacto negativo en el paisaje de la carretera, debido a las cicatrices que aparecerán después del perfilado de los desmontes. Otro de los factores importantes es la contaminación del aire debido a los movimientos de tierra, ya que las partículas en suspensión aumentarán durante el procedimiento constructivo. El procedimiento constructivo que afecta más al medioambiente es la creación del carril bici, debido a los movimientos de tierra que generan la mayor cantidad de residuos.

Alternativa 3

En esta alternativa la construcción de un tercer carril para implementar la carretera 2+1 genera el mayor impacto medioambiental debido a la gran cantidad de residuos que provoca, de igual forma, aunque en menor escala, es la construcción del carril bici. Otros de los factores que afectan más al medioambiente es el impacto paisajístico, la ampliación de la plataforma ocasiona la ocupación de mayor área en el entorno, por tanto el paisaje se verá enormemente afectado. Por último, la contaminación del aire también será mayor que en la alternativa anterior debido a los movimientos de tierra que provocará la construcción del tercer carril y el carril bici.

Alternativa 4

De todas las alternativas anteriores la cuarta alternativa es la que afecta en mayor escala al medioambiente. Ya que la duplicación de la vía y la construcción de carriles bici en ambos sentidos genera un gran impacto negativo en el paisaje. Por otro lado, los grandes movimientos de tierra provocadas por la ampliación de la plataforma generan una gran contaminación en el aire, mayores cantidades de residuos y, simultáneamente, se tendrá que remover la vegetación existente.

Luego de los análisis utilizando la matriz de leopold se obtienen los siguientes resultados de cada alternativa, normalizadas de 0 a 10, teniendo la mayor puntuación el que menor impacto negativo supone al medioambiente.

	IMPACTO AMBIENTAL		PONDERACION
Alternativa 1			6.00
Alternativa 2	-85	174	5.25
Alternativa 3	-107	173	4.02
Alternativa 4	-122	179	3.18

Tabla 25. Resultados de la evaluación del impacto al medioambiente.

Las matrices de leopold utilizadas para el análisis de afección del medioambiente se muestran en el ANEXO 3.

Luego de la evaluación del impacto medioambiental se muestra como mejor solución la primera alternativa, ya que la afección al medioambiente tiene un menor impacto negativo en esta. En el resto las intensidades de los impactos son similares, pero sus magnitudes difieren.

4.2.4. Impacto Económico.

El impacto económico es un criterio donde se evalúa en coste de inversión de cada alternativa, lo cual es un factor importante para selección de la alternativa. Para la obtención de costos de se realiza mediciones sin tanta precisión y se colocan costos de proyectos anteriores, se evalúa sólo las partidas más importantes según la alternativa escogida. Para la evaluación multicriterio, esta evaluación es el 20 % del total.

Alternativa 1

En esta alternativa como no existe ninguna actuación propuesta, no existe una inversión por lo tanto no genera ningún coste. Sin embargo, el pésimo estado en el cual estará la carretera provocará gastos indirectos en el mantenimiento de los vehículos que atraviesen la carretera y una mayor inversión para reparar la carretera.

Alternativa 2

Los mayores costos de esta alternativa son las partidas de construcción del carril bici y la rehabilitación superficial del pavimento. Sin embargo, presenta un presupuesto menor a comparación de las otras alternativas.

Alternativa 3

Aumenta el coste del proyecto la construcción de un tercer carril, la construcción del carril bici, la construcción de cuneta en el lado donde amplía la plataforma, la ampliación de la obras de drenaje transversales y la rehabilitación superficial de firme.

Alternativa 4

Esta alternativa es la que mayor coste de inversión tiene. Esto debido a la duplicación de la vía , la creación de carriles bici en ambos lados de la carretera, seguido de la construcción de nuevas obras de drenaje longitudinal, las ampliaciones de las obras de drenaje transversal y la rehabilitación superficial del pavimento existente.

La ponderación general del criterio económico se muestra en la siguiente tabla.

ECONÓMICO	
Alternativa 1	8.00
Alternativa 2	6.00
Alternativa 3	4.00
Alternativa 4	2.00

Tabla 26. Resultados luego de la evaluación económica de cada alternativa.

4.2.5. Evaluación multicriterio.

Para la selección de la alternativa óptima desde el punto de vista funcional, medioambiental, social y económico habrá que hacer una evaluación multicriterio en este caso utilizaremos los siguientes métodos para la evaluación multicriterio: el Método Pattern y el Método Electre.

Los resultados luego de la ponderación de los cuatro criterios evaluados previamente son los siguientes:

CRITERIO	PESO	1	2	3	4
Funcionalidad	2.50	3.46	4.33	6.42	7.27
Impacto medioambiental	3.00	6.00	5.25	4.02	3.18
Impacto social	2.50	3.00	6.70	7.47	5.49
Factor económico	2.00	8.00	6.00	4.00	2.00

Tabla 27. Resultados ponderados de los cuatro criterios evaluados.

Método Pattern

Este método pertenece a los métodos de agregación total, donde se tiene en cuenta el peso que se asigne a cada criterio de evaluación, para este caso los criterios tendrán los siguientes pesos:

- Criterio funcional: 2.5
- Criterio de impacto al medioambiente: 3.0
- Criterio de impacto social: 2.5
- Criterio económico: 2.0

Sumando todo al final un valor de 10. Para la selección de la alternativa con este criterio se multiplicará el valor normalizado de cada criterio por el peso correspondiente.

CRITERIO	PESO	1	2	3	4
Funcionalidad	2.50	3.46	4.33	6.42	7.27
Impacto medioambiental	3.00	6.00	5.25	4.02	3.18
Impacto social	2.50	3.00	6.70	7.47	5.49
Factor económico	2.00	8.00	6.00	4.00	2.00
TOTAL		50	55	55	45

Tabla 28. Resultado del análisis con el Método Pattern.

Luego de la evaluación existe un empate entre las alternativas 2 y 3. En este caso tendríamos que realizar otro método de evaluación multicriterio o analizar con más detalle ambas alternativas para determinar cuál sería la solución ideal.

Método Electre

Debido a la similitud de las alternativas 2 y 3 en la evaluación multicriterio utilizando el Método Pattern. Se evalúa las cuatro alternativas con el Método Electre. En este proceso tras la valoración de los pesos de cada criterio y su respectiva normalización se procede a calcular los índices de concordancia (formada por elemento cij) y discordancia (formada por elementos dij).

- Índice de concordancia (cij): Es la suma de los pesos donde de cada criterio donde la alternativa i es mejor que j entre el total. La concordancia de A con respecto a B cuantifica hasta qué punto para un elevado número de atributos la alternativa A es “más preferida” que B.
- Índice de discordancia (dij): La discordancia de A con B cuantifica hasta qué punto la alternativa B es “más preferida” que la alternativa A. Se cuantifica con la mayor diferencia de los criterios donde B es mejor que A multiplicado por el peso del mismo y a todo eso se le divide el peso total de todos los criterios.

Una vez calculados los índices de concordancia y discordancia se procede a la evaluación de la alternativa de la siguiente manera:

- Primero se escoge el valor de Cij mayor y se compara con su valor de concordancia. Se repite la operación en el sentido contrario Cji respectivamente y se elimina la alternativa que no sea la ideal según el criterio, no tomándose en consideración para futuras evaluaciones con las otras alternativas.
- Luego, se va analizando las otras alternativas primero comparando sus índices de concordancia y posteriormente los de discordancia hasta obtener la solución ideal según la alternativa.

Para la evaluación de la carretera se obtuvieron los siguientes índices de concordancia.

	Funcionalidad	Medioambiental	Social	Económico	Cij
c12	0	1	0	1	0.5
c13	0	1	0	1	0.5
c14	0	1	0	1	0.5
c21	1	0	1	0	0.5
c23	0	1	0	1	0.5
c24	0	1	1	1	0.75
c31	1	0	1	0	0.5
c32	1	0	1	0	0.5
c34	0	1	1	1	0.75
c41	1	0	1	0	0.5
c42	1	0	0	0	0.25
c43	1	0	0	0	0.25

Tabla 29. Matriz de índices de concordancia.

Los índices de discordancia son los siguientes:

	Funcionalidad	Medioambiental	Social	Económico	Dij
d12	0.88	-0.75	3.70	-2.00	0.93
d13	2.96	-1.98	4.47	-4.00	1.12
d14	3.81	-2.82	2.49	-6.00	0.95
d21	-0.88	0.75	-3.70	2.00	0.40
d23	2.09	-1.23	0.77	-2.00	0.52
d24	2.94	-2.07	-1.21	-4.00	0.73
d31	-2.96	1.98	-4.47	4.00	0.80
d32	-2.09	1.23	-0.77	2.00	0.40
d34	0.85	-0.84	-1.98	-2.00	0.21
d41	-3.81	2.82	-2.49	6.00	1.20
d42	-2.94	2.07	1.21	4.00	0.80
d43	-0.85	0.84	1.98	2.00	0.49

Tabla 30. Matriz de índices de discordancia.

Proceso de evaluación:

- Alternativa 2 y 4: El valor de c24 es de 0.75 por lo que se prefiere la alternativa 2 un 75 % más que la alternativa 4. Al observar los índices de discordancia el d24 es 0.73 y el d42 es 0.8. Por lo que, se prefiere la alternativa 2 con respecto a la alternativa 4. Se elimina la alternativa 4 para futuras comparaciones con otras alternativas.
- Alternativa 1 y 2: Los valores de c12 y c21 son 0.5 por lo que existe la misma preferencia para ambas alternativas. Al evaluar el índice de discordancia en d12 es 0.93 y el d21 es 0.40. Por tanto, El 93 % de veces se prefiere la alternativa 2 con respecto a la alternativa 1.

- Alternativa 2 y 3. Los índices de concordancia c_{23} y c_{32} son 0.5, con este indicador existe igualdad de preferencias para ambas alternativas. Los índices de discordancia d_{23} y d_{32} son 0.52 y 0.40 respectivamente. Esto quiere decir que se prefiere la alternativa 3 un 52% de la veces a comparación de la alternativa 2 y de prefiere la alternativa 2 un 40% de veces que la alternativa 3.

Por tanto, luego de la evaluación multicriterio con el Método Electre se elige la alternativa 3, la implementación de una carretera 2+1 y un carril bici paralelo a la vía, como la solución ideal para la mejora de la carretera M-607 entre Colmenar Viejo y Cerceda.



CAPÍTULO 5

Proyecto constructivo de la alternativa seleccionada

Luego de seleccionar la alternativa 3 según los criterios explicados anteriormente, se realizó el proyecto constructivo de este. Es decir, se realizará una ampliación de la carretera, teniendo en cuenta los parámetros de diseño de la carretera existente, para la construcción de un carril adicional y un carril bici. A la vez, se modificará la señalización para transformar la carretera existente en una carretera 2+1, se mejorará la seguridad, realizando el mantenimiento de los elementos existentes y ; por último, se ampliarán las obras de drenaje sumándole su limpieza general en zonas donde la vegetación impide su correcto funcionamiento.

Las principales partidas de este proyecto son las siguientes:

- I. Ampliación de calzada existente.
 - i. Construcción de carril bici y tercer carril.
- II. Drenaje:
 - i. Construcción de un drenaje caz entre carril bici y carretera.
 - ii. Ampliación de obras de drenaje transversal.
 - iii. Mantenimiento de Obras de drenaje.
- III. Firmes y pavimento:
 - i. Firme para carril bici
 - ii. Firme para carril adicional.
 - iii. Rehabilitación superficial de pavimento existente.
- IV. Señalización, balizamiento y defensas:
 - i. Barrera rígida entre carril bici y carretera.
 - ii. Señalización carril bici.
 - iii. Señalización carretera 2+1.
 - iv. Mantenimiento de balizas y barreras metálicas existentes.
- V. Acondicionamiento paisajístico.
- VI. Estructura de paso inferior para carril bici.

Para la ejecución del proyecto constructivo se dividió los 12 km de la carretera analizada en 4 tramos, los cuales están delimitados por la zona de ubicación de los puentes o pasos a desnivel existentes.

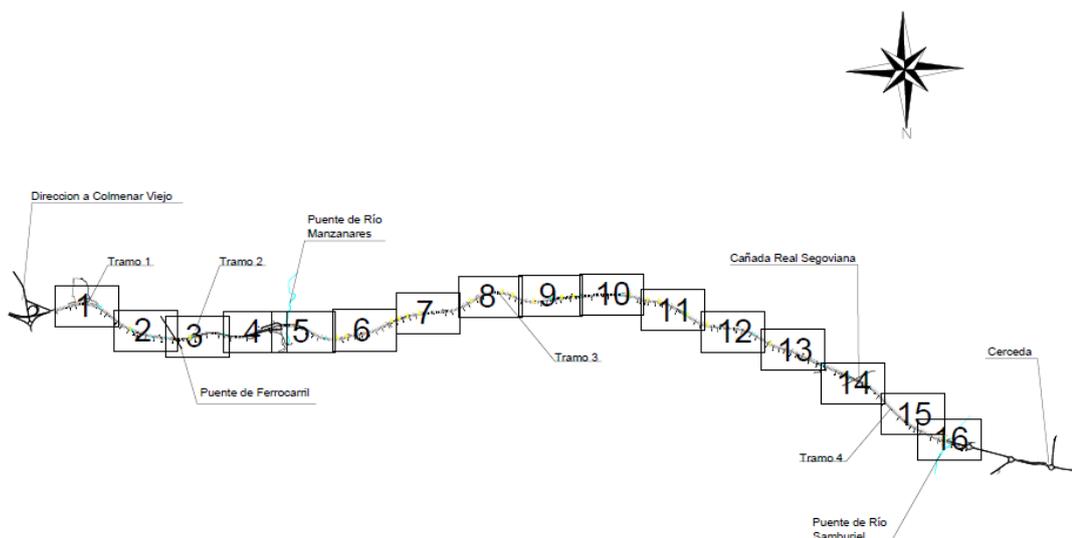


Figura 38. Ubicación de los tramos de análisis de la carretera.

La longitud de cada tramo es la siguiente:

Tramo	PK inicial	PK final	Longitud
1	0+000	1+600	1600 m
2	1+620	2+960	1340 m
3	3+140	10+520	7380 m
4	10+580	12+000	1420 m

Tabla 31. Ubicación kilométrica (P.K.) y longitud de cada tramo.

5.1. Ampliación de la calzada existente.

Como se mencionó anteriormente, para la construcción de un carril adicional y un carril bici, hay una necesidad de ampliar la carretera existente teniendo en consideración que seguirá las mismas características geométricas de una carretera a una velocidad de diseño de 100 km/h. Se ampliará la zona sur de plataforma, ya que genera menores expropiaciones y a su vez menor movimiento de tierras.

La sección tipo varía según el tramo, para el primer tramo no se consideró ampliar el carril adicional debido a que la longitud de este tramo no es suficiente para el desarrollo de un carril de adelantamiento; mientras que, en los otros tramos se puede realizar este desarrollo. En toda la carretera se construirá el carril bici paralelo a la vía.

Para concretar esto en el proyecto, se diseñaron dos secciones tipo, tal como se muestra en la figura.

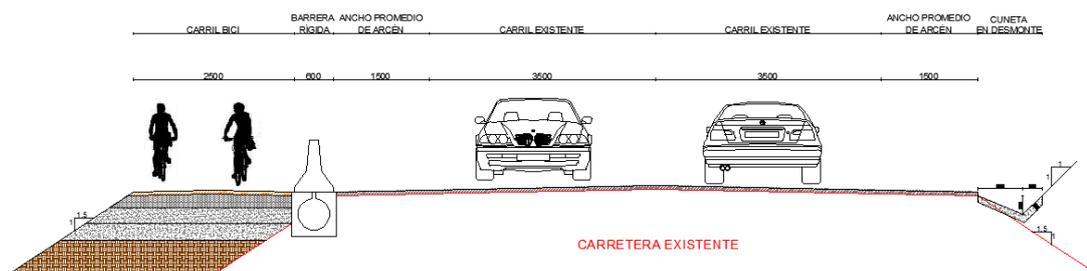


Figura 39. Sección tipo del tramo 1

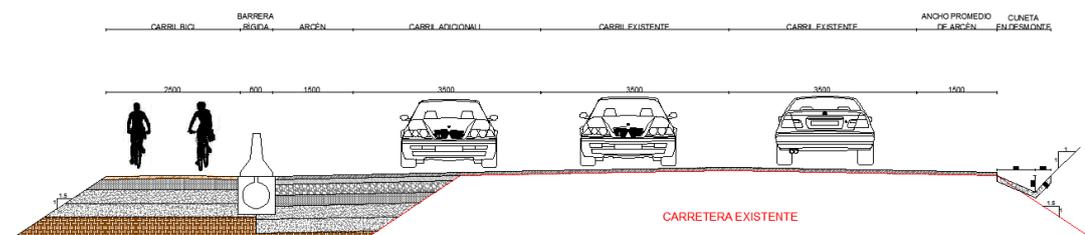
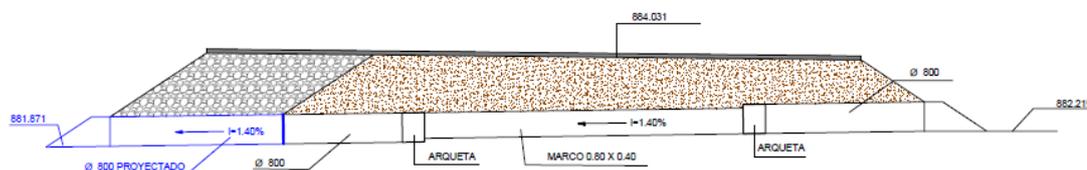


Figura 40. Sección tipo del tramo 2, 3 y 4.

La plataforma no se ampliará en las estructuras existentes, por tanto el carril bici atravesará estas utilizando las vías pecuarias existentes y el carril adicional reducirá su ancho para atravesar los pasos a desnivel. Los detalles se ven en los planos del proyecto.

5.2. Obras de drenaje.

En el tramo entre Colmenar Viejo y Cerceda se ampliarán 22 obras de drenaje de las existentes teniendo en cuenta la misma inclinación y la sección será circular, donde anteriormente la sección era un marco se construirá una arqueta y se cambiará de sección.



OF. 7

Figura 41. Detalle de ampliación de la alcantarilla.

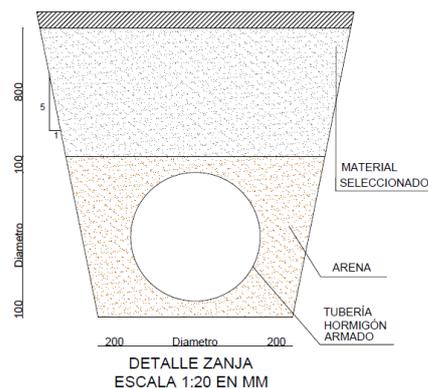


Figura 42. Detalle de la sección de zanja.

En el caso de las obras de drenaje longitudinales. En el lado norte, se realizará un mantenimiento de las cunetas, removiendo la vegetación existente y limpiando en las zonas de desmonte. En el lado sur, debido a las ampliaciones de la plataforma, se reemplazarán las cunetas existentes con el caz prefabricado, para el mismo caudal de diseño ubicado debajo de la barrera rígida entre el carril bici y la plataforma de coches. Estos caces tendrán bajantes cada cierto tramo para descargar el agua que recolectan de la plataforma.

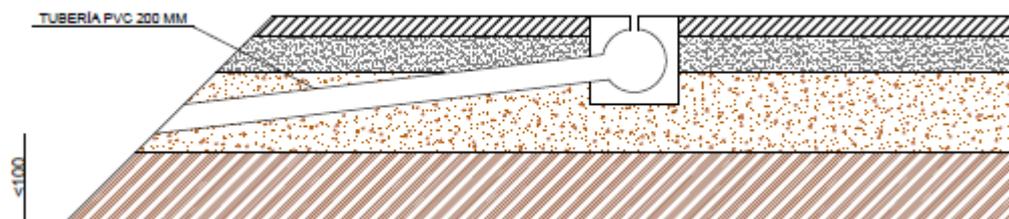


Figura 43. Detalle del caz y la bajante.

Los detalles de las obras de drenaje se muestran en el anexo correspondiente.

5.3. Firmes y Pavimentos.

En esta partida se calculó la sección de firme de la plataforma según la Normativa 6.1 IC – Secciones de firme.

El diseño para la ampliación de la plataforma, la carretera tiene que abastecer un tráfico T2. Se exigirá en el proyecto una explanada de categoría E2 sobre la cual se colocarán las capas de firmes. Para asegurar esta categoría de explanada se deberán hacer tratamientos en el suelo existente. en cual consiste en agregar 25 cm de suelo S-EST1 y 25 cm de S3 estabilizados “in situ” según lo que establece el artículo 512 del PG3.

El proyecto considerará dos tipos de firmes diferentes:

- Firme para carril adicional: El firme a proyectar consistirá en la construcción de 20 cm de suelo-cemento, posteriormente 20 cm de grava-cemento y 15 cm de mezcla bituminosa.

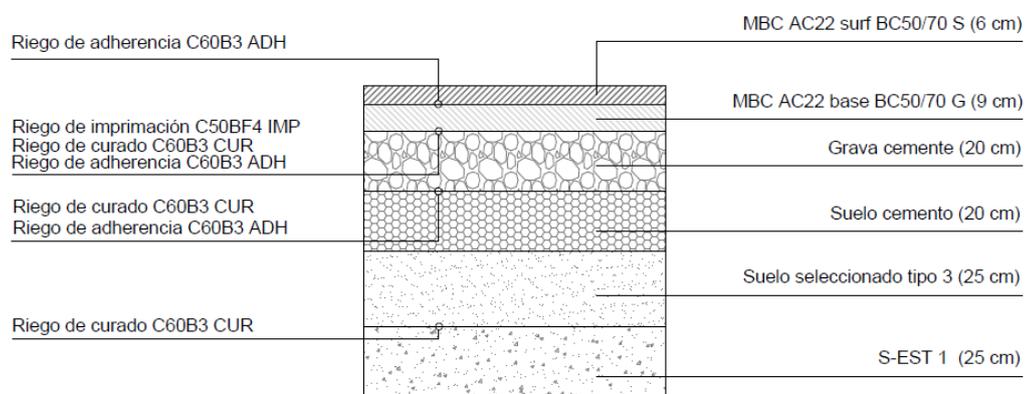


Figura 44. Detalle de firme del carril adicional.

- Firme para el carril bici: aunque las cargas reales no son importantes, se diseña en firme para en uso ocasional de vehículos ligeros o el paso de maquinaria pesada durante la construcción. Se proyecta un firme con 22 cm de suelo-cemento y 5 cm de mezcla bituminosa.

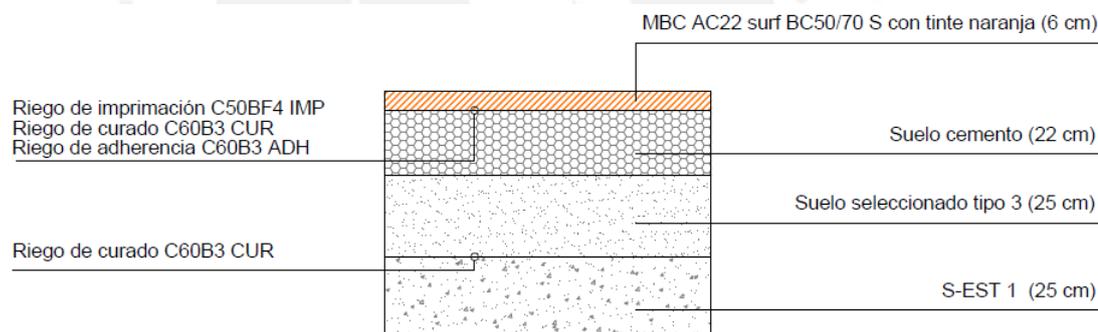


Figura 45. Detalle de firme de carril bici.

Por último, se realizará una rehabilitación superficial del pavimento con el objetivo de uniformizar el nuevo firme con el ya existente. Se realizará un fresado de 6 cm que posteriormente volverán a colocar y se realizará un recrecimiento de 6 cm adicionales.

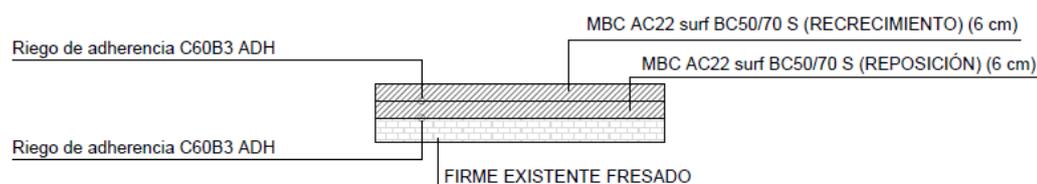


Figura 46. Detalle de rehabilitación del firme existente.

5.4. Señalización, balizamiento y defensas.

La señalización de la carretera será la correspondiente a una carretera 2+1. Se utilizará la normativa alemana como guía para señalar el comienzo de carril, el final del carril, la transición crítica y la no crítica. Además se deberá añadir la señalización correspondiente a un carril bici.

En general, los elementos existentes están en buen estado. Aunque, durante la inspección visual se encontraron hitos de arista rotos, barreras metálicas con abolladuras en algunos puntos específicos de la carretera, los cuales se reemplazarán con nuevos elementos. Por otro lado, se instalarán barreras rígidas con el fin de dar seguridad a los ciclistas que se desplazarán por el carril bici paralelo a la vía la cual estará equipada con faros y ojos de gato.

En el anexo de Señalización, balizamiento y defensas se detalla con mayor detenimiento este apartado.

5.5. Acondicionamiento paisajístico.

Se realiza un acondicionamiento paisajístico con el fin reducir el impacto ambiental a la obra. Dicho acondicionamiento tiene objetivos funcionales como la colaboración a la buena lectura de la carretera y objetivos estéticos desde el punto de vista de la restauración ecológica. Las especies dominantes para la restauración ecológica son árboles como la encina, el pino, enebro, ciprés y arbustos como la genista, el timus, el cistus y la lavándula.

5.6. Pasos inferiores.

Los pasos inferiores se realizaron con el objetivo de dar continuidad al carril bici proyectado. Se construirá dos pasos inferiores para la circulación de los ciclistas en las progresivas 1+580 y 1+740 ubicadas cerca del puente de ferrocarril.

Los pasos inferiores serán marcos de hormigón prefabricados con dimensiones de 3 x 3 m con longitudes de 12 m y de 15 m respectivamente.

5.7. Presupuesto y plazo de ejecución.

El presupuesto de base para la licitación de la obra es de CINCO MILLONES CUATROCIENTOS SETENTA Y NUEVE MIL NOVECIENTOS EUROS con CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS (5 479 900.49 €).

El resumen del presupuesto se detalla en el anejo correspondiente.

El plazo de ejecución de la obra será en 328 días calendario, el detalle de la programación de obra se observa en el correspondiente anexo.

CONCLUSIONES.

Las obras de manteniendo y mejora de las carreteras son tan importantes como la proyección de tramos nuevos. De allí, la necesidad de realizar estudios de niveles de servicio cada cierto tiempo y auscultaciones en la vía. Poder adaptar éstas a las necesidades de la población (las cuales varían según el paso de los años).

En este caso se analizó el tramo entre Colmenar Viejo y Cerceda la cual es parte de la carretera M-607 en la Comunidad Autónoma de Madrid. Donde se observaron problemas de niveles de servicio, presencia de ciclistas utilizando el arcén, falta de mantenimiento en barreras, balizamiento y obras de drenaje. A su vez se realizó estudios de tráfico, análisis de visibilidad, consistencia y la inspección visual de la vía, con el objetivo de proponer diversas soluciones para mejorar la calidad de servicio de la vía existente.

Las soluciones presentadas fueron las siguientes: la primera, un escenario donde no se realiza ninguna actuación; la segunda, la ampliación de bermas para mejorar la seguridad; la tercera, la ampliación de un carril adicional y transformar la vía en una carretera 2+1; la cuarta, la transformación de la carretera en una autovía. Las tres últimas soluciones incluyen la rehabilitación del firme, el mantenimiento de las obras de drenaje y un carril bici paralelo a la vía. Luego del análisis de las alternativas se observó que la solución ideal en el contexto actual fue la construcción de una carretera 2+1.

De dicha solución se realizó el proyecto constructivo para materializar dicha propuesta de solución, el cual tiene como partidas principales: la ampliación de la plataforma y alcantarillas; la construcción de drenaje longitudinal; proyección del carril bici; la rehabilitación de firmes existentes y proyección de firmes nuevos; la construcción de un tercer carril y la señalización correspondiente a una carretera 2+1; el mantenimiento de las obras de drenaje existentes, balizamiento y defensas; la proyección de barreras rígidas para segregar el carril bici de la plataforma de los coches; pasos a desnivel tipo marco para dar continuidad al carril bici; y el acondicionamiento paisajístico para lograr el menor impacto al medioambiente. Todos estos trabajos ascienden a una suma de 5.5 M€ aproximadamente y será construido en un plazo de 328 días.

En conclusión, con el estudio realizado se logró la mejora de la vía existente. La realización de dicho proyecto constructivo se logró obtener 4 tramos de adelantamiento en el sentido de Colmenar Viejo a Cerceda y 3 tramos de adelantamiento en el sentido de Cerceda a Colmenar Viejo. Se logra una mejora en la seguridad con la rehabilitación del firme existente, la reposición del balizamiento dañado y la proyección de la barrera rígida entre el carril bici – plataforma de coches.

A la vez mejoras en acceso a otros usuarios debido a la construcción del carril bici, que también puede ser usado por personas que gustan de senderismo. Por último, se atenúa el impacto al medioambiente con los trabajos de restauración medioambiental.

BIBLIOGRAFÍA.

- Tomas Jählig (2012) Friendly and Safe for Users – 2+1 Lane Case Study. Federal Highway Research Institute. Germany.
- Transportation Research Board (2010). Highway Capacity and Quality of Service. EEUU.
- Norma 3.1 IC - Trazado de carreteras (2016). Ministerio de Fomento. España.
- Norma 5.2 IC - Drenaje Superficial (2016). Ministerio de Fomento. España.
- Norma 6.1 IC – Secciones de firme (2003). Dirección general de carreteras. España.
- Norma 6.3IC - Rehabilitación de Firmes (2003). Dirección General de Carreteras. España.
- Norma 8.1 IC – Señalización vertical (2014). Ministerio de Fomento. España.
- Norma 8.2 IC – Señalización horizontal (1987). Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- Pliego de prescripciones técnica PG-3. (2015). Ministerio de Fomento. España.
- Catálogo de señalización de vías ciclistas de la Comunidad de Madrid (2010). Dirección General de Tráfico. España.
- Normas y señales reguladoras de la circulación. (2011). Dirección General de Tráfico.
- IMD (2014). Dirección General de Carreteras. Madrid, España.
- IMD (2010). Dirección General de Carreteras. Madrid, España.
- Estudio sobre la gestión variable de la velocidad en las vías de acceso a las áreas urbanas (2009). Instituto del transporte y territorio, grupo de investigación en ingeniería de carreteras. Barcelona, España.
- Mapa de Carreteras de la Comunidad de Madrid (2016). Dirección General de Carreteras. Madrid, España.
- M. Carmen Moreno Avilés (2013). Plan general de ordenación urbanístico de Colmenar Viejo. Colmenar Viejo, España.
- Ordenación y Gestión del núcleo de Cerceda (1998). El Boalo, Cerceda y Mataelpino, España.
- Diagnóstico Ambiental 2015 (2015). Comunidad de Madrid. Madrid, España.
- Presupuesto General de la Comunidad de Madrid (2015). Comunidad de Madrid. Madrid, España.
- Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Regional (1997). Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares. Madrid, España.
- Jaime Aldama Caso (1998). Proyecto de Construcción del Ensanche y mejora de la Carretera M-607 TRAMO: Colmenar Viejo a Cerceda. Dirección General de Carreteras, Servicio de planificación y proyectos. Madrid, España.