



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

TITULACIÓN

MASTER UNIVERSITARIO
EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO

TRABAJO FIN DE MASTER TIPO II

**ESTUDIO DE LA MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL EN TRAMOS DE LAS
CARRETERAS EX 118 Y EX 386**

AUTOR

SERGIO PALACIOS GARCÍA

TUTOR

JORDI ALBERT ESPARZA SORIA

FECHA:

25 / 09 / 2017



Índice

1	INTRODUCCIÓN	1
2	LA SEGURIDAD VIAL	1
2.1	PRINCIPALES FACTORES DE LA SEGURIDAD VIAL.....	2
3	ELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE ESTUDIO	4
4	CARRETERA EX-118 (KM 37).....	5
4.1	Ubicación.....	5
4.2	Datos	7
4.2.1	IMD.....	11
4.2.2	Accidentabilidad.....	12
4.3	Análisis de los datos	14
4.3.1	Análisis de los datos	14
4.4	Propuesta y valoración de las soluciones.....	15
4.4.1	Solución 1	16
4.4.2	Solución 2	18
4.4.3	Solución 3	22
5	CARRETERA EX-386 (KM 19).....	28
5.1	Ubicación.....	28
5.2	Datos	30
5.2.1	IMD.....	33
5.2.2	Accidentabilidad.....	35
5.3	Análisis de la problemática	37
5.3.1	Análisis de los datos	37
5.4	Propuesta y valoración de las soluciones.....	38
5.4.1	Problema 1	40
5.4.2	Problema 2	41
5.4.3	Problema 3	42
5.4.4	Problema 4	43
6	CARRETERA EX-386 (TRAMO KM 2-19)	45
6.1	Ubicación.....	45
6.2	Datos	47
6.2.1	IMD.....	50
6.2.2	Accidentabilidad.....	51
6.3	Análisis de los datos	60
6.3.1	Variación mensual de los accidentes	60
6.3.2	Variación diaria de los accidentes	61
6.3.3	Accidentabilidad en los PNAA	61
6.4	Propuestas y valoración de las soluciones	63
6.4.1	Problema 1. Variación mensual	64
6.4.2	Problema 2. Variación diaria	67
6.4.3	Problema 3. Accidentabilidad en los PNAA.....	69
7	CUADRO RESUMEN Y ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN ÓPTIMA	70



8	CONCLUSIONES	72
9	BIBLIOGRAFIA.....	74
10	ANEJOS	75



Índice de tablas

TABLA 1. DISEÑO DE TRAZADO (TRAMO 1)	8
TABLA 2. ACCIDENTES EX-118	12
TABLA 3. SENTIDO DE LA MARCHA	13
TABLA 4. ACCIDENTES CON VICTIMAS	14
TABLA 5. COSTE M2 DESBROCE DE BOSQUE	17
TABLA 6. COSTE M3 DESMONTE TERRENO SIN CLASIFICAR	17
TABLA 7. COSTE M2 SUPERFICIE COMPACTADA	17
TABLA 8. COSTE M3 ZANJA EXCAVADA	17
TABLA 9. COSTE PANEL DIRECCIONAL 165x45CM	18
TABLA 10. COSTE TOTAL	18
TABLA 11. MATRIZ MULTICRITERIO 1	18
TABLA 12. COSTE M2 DESBROCE	19
TABLA 13. COSTE M2 DESMONTE TERRENO SIN CLASIFICAR	20
TABLA 14. COSTE M2 SUPERFICIE COMPACTADA	20
TABLA 15. COSTE M3 BASE EXTENDIDA	20
TABLA 16. COSTE M2 RIEGO DE IMPRIMACIÓN	20
TABLA 17. COSTE T MBC AC-22	21
TABLA 18. COSTE M2 RIEGO DE ADHERENCIA	21
TABLA 19. COSTE T MBC AC-16	21
TABLA 20. COSTE M DE PREMARCAJE	22
TABLA 21. COSTE M MARCA VIAL REFLEXIVA	22
TABLA 22. COSTE TOTAL	22
TABLA 23. MATRIZ MULTICRITERIO 2	22
TABLA 24. COSTE M2 DESBROCE	24
TABLA 25. COSTE M2 DESMONTE TERRENO SIN CLASIFICAR	24
TABLA 26. COSTE M2 SUPERFICIE COMPACTADA	24
TABLA 27. COSTE M3 BASE EXTENDIDA	25
TABLA 28. COSTE M2 RIEGO DE IMPRIMACIÓN	25
TABLA 29. COSTE T MBC AC-22	25
TABLA 30. COSTE M2 RIEGO DE ADHERENCIA	25
TABLA 31. COSTE T MBC AC-16	26
TABLA 32. COSTE M DE PREMARCAJE	26
TABLA 33. COSTE M MARCA VIAL REFLEXIVA	26
TABLA 34. COSTE TOTAL	26
TABLA 35. MATRIZ MULTICRITERIO 3	27
TABLA 36. DISEÑO TRAZADO (TRAMO 2)	31
TABLA 37. ACCIDENTES EX-386 Pk 19	35
TABLA 38. SENTIDO DE LA MARCHA	35
TABLA 39. ACCIDENTES CON VICTIMAS	36
TABLA 40. COSTE M2 DESBROCE DE BOSQUE	40
TABLA 41. COSTE M3 DESMONTE TERRENO SIN CLASIFICAR	40
TABLA 42. COSTE TOTAL	40
TABLA 43. MATRIZ MULTICRITERIO 1	41
TABLA 44. COSTE M2 FRESADO	41
TABLA 45. COSTE M2 RIEGO ADHERENCIA	41
TABLA 46. COSTE T MBC AC-22	42
TABLA 47. COSTE TOTAL	42
TABLA 48. MATRIZ MULTICRITERIO 2	42
TABLA 49. COSTE M3 HORMIGÓN EN MASA	43
TABLA 50. COSTE TOTAL	43
TABLA 51. MATRIZ MULTICRITERIO 3	43
TABLA 52. COSTE SEÑAL P-34 REFLEXIVA	43
TABLA 53. COSTE TOTAL	44
TABLA 54. MATRIZ MULTICRITERIO 4	44



TABLA 55. ACCIDENTES CON FAUNA EX-386	51
TABLA 56. ÍNDICE DE PELIGROSIDAD EX-386.....	59
TABLA 57. PROBLEMAS Y OBJETIVOS (TRAMO 3)	63
TABLA 58. PRECIO ENCINA	65
TABLA 59. PRECIO CASTAÑO.....	65
TABLA 60. COSTE TOTAL	65
TABLA 61. MATRIZ MULTICRITERIO 1.....	65
TABLA 62. COSTE SEÑAL BATIDA DE CAZA	66
TABLA 63. MATRIZ MULTICRITERIO 2.....	66
TABLA 64. COSTE SEÑAL LIMITE NOCTURNO.	67
TABLA 65. MATRIZ MULTICRITERIO 3.....	67
TABLA 66. COSTE HITO DISUASORIO DE FAUNA	68
TABLA 67. COSTE TOTAL	68
TABLA 68. MATRIZ MULTICRITERIO 4.....	68
TABLA 69. COSTE SEÑAL P-24 REFLEXIVA.....	69
TABLA 70. COSTE TOTAL	70
TABLA 71. MATRIZ MULTICRITERIO 5.....	70
TABLA 72. CUADRO RESUMEN	70

Índice de imágenes

IMAGEN 2-1.INTERACCIÓN ENTRE LOS PPALES FACTORES (TEMARIO SEGURIDAD VIAL).....	2
IMAGEN 4-1. CARRETERA EX-118	5
IMAGEN 4-2. UBICACIÓN EX-118 (FUENTE GOOGLE EARTH).....	5
IMAGEN 4-3. UBICACIÓN EX-118 ALTURA DEL OJO 500 KM (FUENTE: GOOGLE EARTH).....	6
IMAGEN 4-4.UBICACIÓN EX-118 ALTURA DEL OJO 100 KM (FUENTE: GOOGLE EARTH)	6
IMAGEN 4-5. UBICACIÓN EX-118 ALTURA DEL OJO 2 KM (FUENTE: GOOGLE EARTH).....	7
IMAGEN 4-6.TABLA DE PERALTES (FACILITADA POR LA JUNTA DE EXTREMADURA SECCIÓN DE CARRETERAS)	8
IMAGEN 4-7. SEÑALES P-14A Y R-301 (FUENTE GOOGLE MAPS)	9
IMAGEN 4-8.PUNTO DE ESTUDIO PK 37+100 SENTIDO ASCENDENTE.....	9
IMAGEN 4-9.ARCEN DEL PUNTO DE ESTUDIO PK 37+100.....	10
IMAGEN 4-10. PUNTO DE ESTUDIO PK 37+100 SENTIDO DESCENDENTE	10
IMAGEN 4-11. IMD 2011-2015 (FUENTE: APLICACIÓN AFOEX JUNTA DE EXTREMADURA).....	11
IMAGEN 4-12. % PESADOS PERIODO 2011-2015. (FUENTE: APLICACIÓN AFOEX JUNTA DE EXTREMADURA)	11
IMAGEN 4-13. SALIDAS DE VÍA EN EL PK 37+100 (ELABORACIÓN PROPIA)	13
IMAGEN 5-1. CARRETERA EX-386	28
IMAGEN 5-2. UBICACIÓN EX-386 (FUENTE GOOGLE EARTH)	28
IMAGEN 5-3. UBICACIÓN EX-386 ALTURA DEL OJO 500 KM (FUENTE GOOGLE EARTH)	29
IMAGEN 5-4. UBICACIÓN EX-386 ALTURA DEL OJO 50 KM (FUENTE GOOGLE EARTH)	29
IMAGEN 5-5. UBICACIÓN EX-386 ALTURA DEL OJO 1 KM (FUENTE GOOGLE EARTH).....	29
IMAGEN 5-6. SEÑAL CARRETERA DE MONTAÑA (FUENTE GOOGLE MAPS).....	30
IMAGEN 5-7. SEÑAL P14-B (FUENTE GOOGLE MAPS).....	31
IMAGEN 5-8. SEÑAL P34 (FUENTE GOOGLE MAPS).....	32
IMAGEN 5-9.PRIMER TRAMO CURVA A DERECHA (SENTIDO ASCENDENTE).....	32
IMAGEN 5-10. SEGUNDO TRAMO LIGERA CURVA A IZQUIERDAS (SENTIDO ASCENDENTE)	32
IMAGEN 5-11. ÚLTIMO TRAMO CURVA A IZQUIERDA (SENTIDO DESCENDENTE).....	33
IMAGEN 5-12. ALTURA TALUD DESMONTE (FUENTE GOOGLE MAPS)	33
IMAGEN 5-13.IMD 2011-2015 (FUENTE: APLICACIÓN AFOEX JUNTA DE EXTREMADURA)	34
IMAGEN 5-14.% PESADOS PERIODO 2011-2015 (FUENTE: APLICACIÓN AFOEX JUNTA EXTREMADRU)	34
IMAGEN 5-15. SALIDAS DE VÍA PK 19 (ELABORACIÓN PROPIA)	36
IMAGEN 5-16.CURVAS CONSECUTIVAS UNIDAS CON RECTA DE LONGITUD LIMITADA	38
IMAGEN 6-1. CARRETERA EX-386	45
IMAGEN 6-2. UBICACIÓN EX-386 (FUENTE GOOGLE EARTH)	45
IMAGEN 6-3. NÚMERO DE ACCIDENTES	46
IMAGEN 6-4.UBICACIÓN EX-386 ALTURA DEL OJO 500 KM (FUENTE GOOGLE EARTH)	46
IMAGEN 6-5. UBICACIÓN EX-386 ALTURA DEL OJO 25 KM (FUENTE GOOGLE EARTH)	47
IMAGEN 6-6. SEÑAL P-24 (FUENTE GOOGLE MAPS)	48
IMAGEN 6-7.VALLADO CARRETERA EX-386 (FUENTE GOOGLE MAPS).....	48
IMAGEN 6-8.CARRETERA EX-386	48
IMAGEN 6-9. MOVIMIENTOS DE LA FAUNA (FUENTE GOOGLE EARTH)	49
IMAGEN 6-10. POBLACIÓN DE JABALÍS Y CÉRVIDOS (IMAGEN ADQUIRIDA DEL TRABAJO CON TÍTULO “ESTUDIO DE LA INCIDENCIA DE ATROPELLOS DE ANIMALES EN LAS CARRETERAS DE TITULARIDAD AUTONÓMICA EN LA PROVINCIA DE CÁCERES, MANUEL SAN PEDRO ORTIZ”)	49
IMAGEN 6-11. RELACIÓN DE TAMAÑO ENTRE UN TURISMO Y EL MACHO DE ALGUNAS ESPECIES.....	50
IMAGEN 6-12. IMD 2011-2015 (FUENTE: APLICACIÓN AFOEX JUNTA DE EXTREMADURA).....	50
IMAGEN 6-13. % PESADOS PERIODO 2011-2015 (FUENTE: APLICACIÓN AFOEX JUNTA EXTREMADRU).....	51
IMAGEN 6-14. EVOLUCIÓN ACCIDENTES CON FAUNA.....	54
IMAGEN 6-15. ACCIDENTES CON FAUNA POR MESES	55
IMAGEN 6-16. % ACCIDENTES SEGÚN LA HORA.....	55
IMAGEN 6-17. ACCIDENTES POR DESLUMBRAMIENTOS	56
IMAGEN 6-18. TCAA CARRETERA EX-386	57
IMAGEN 6-19.PNAA SUBTRAMO 1	58
IMAGEN 6-20. PNAA SUBTRAMO 2	58



IMAGEN 6-21. VISIBILIDAD DE UN VEHÍCULO POR LA NOCHE. (IMAGEN ADQUIRIDA DEL TRABAJO CON TÍTULO “ESTUDIO DE LA INCIDENCIA DE ATROPELLOS DE ANIMALES EN LAS CARRETERAS DE TITULARIDAD AUTONÓMICA EN LA PROVINCIA DE CÁCERES, MANUEL SAN PEDRO ORTIZ”)	61
IMAGEN 6-22. TRAMO ACCIDENTES PK 8+100 – PK 8+500	62
IMAGEN 6-23. TRAMO ACCIDENTES PK 14+000	62
IMAGEN 6-24. EJEMPLO DE SEÑAL	66
IMAGEN 6-25. SEÑAL LIMITE NOCTURNO	67
IMAGEN 6-26. HITO DISUASORIO DE FAUNA	68
IMAGEN 6-27. SEÑAL P-24 REFLEXIVA	69



1 INTRODUCCIÓN

Los objetivos del diseño geométrico de las carreteras se basan fundamentalmente en los siguientes aspectos: La seguridad, funcionalidad, comodidad, integración ambiental, estética y economía. Las normativas y recomendaciones son la guía que le permite al proyectista realizar un diseño que cumpla con los objetivos, pero cuando se pone en operación la carretera puede que no todo funcione como se había pensado y es por ello que en muchas ocasiones se realizan cambios para mejorar la seguridad de algunos tramos en concreto.

En el siguiente estudio se pretende conocer el estado de tres tramos de la red de carreteras de la Junta de Extremadura que pese a no ser muy elevado el número de accidentes, si tienen una concurrencia mayor de lo normal. Los tramos estudiados son la Ex-118 en su km 37, la Ex-386 en su km 19 y en el tramo del km 2 al 19.

El estudio consistirá en realizar un análisis de la situación actual y con el listado de accidentes facilitado por la Junta de Extremadura conocer la causa de los accidentes y buscar una solución óptima en cuanto a recursos y viabilidad.

2 LA SEGURIDAD VIAL

La seguridad vial es el conjunto de acciones y mecanismos que garantizan el buen funcionamiento de la circulación del tránsito, mediante la utilización de conocimientos (leyes, reglamento y disposiciones) y normas de conducta, bien sea como peatón, pasajero o conductor, a fin de usar correctamente la vía pública previniendo los accidentes de tránsito.

La seguridad vial se encarga de prevenir y/o minimizar los daños y efectos que provocan los accidentes viales, su principal objetivo es salvaguardar la integridad física de las personas que transitan por la vía pública eliminando y/o disminuyendo los factores de riesgo. Dentro de seguridad vial existe la **seguridad vial activa** y **seguridad vial pasiva**.

Seguridad vial activa.

La seguridad vial activa o primaria tiene como objetivo principal evitar que el accidente suceda. La seguridad vial activa se aplica al factor humano, a los vehículos y a las infraestructuras.

Seguridad vial pasiva.

La seguridad pasiva o secundaria comprende una serie de dispositivos cuya misión consiste en tratar de disminuir al máximo la gravedad de las lesiones producidas a las víctimas de un accidente una vez que éste se ha producido. Al igual que la seguridad vial activa ésta se puede aplicar en el factor humano, en los vehículos y en las infraestructuras.

2.1 PRINCIPALES FACTORES DE LA SEGURIDAD VIAL

Para poder actuar y tomar las medidas correctas primero debemos conocer cuáles son los principales factores que influyen en la seguridad vial. Un accidente puede estar ocasionado por varios factores; Factor humano, factor vehículo y factor infraestructura. Cuando ocurre un accidente algo ha fallado en alguno de estos factores, normalmente en varios a la vez como se puede ver en (Imagen 2-1). A continuación, se describen como afectan cada uno de estos factores y como minimizar los riesgos.

Interacción entre los ppales factores

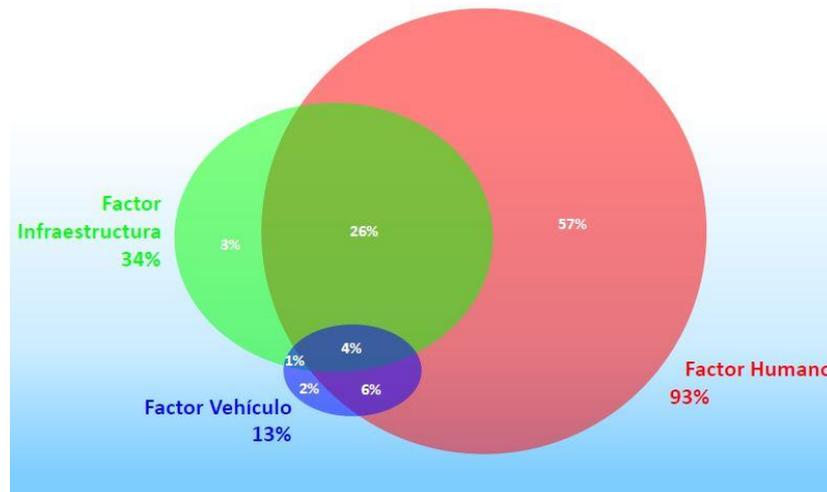


Imagen 2-1. Interacción entre los ppales factores (temario seguridad vial)

- **Factor humano.** Para saber cómo afecta el factor humano, primero es necesario comprender el proceso mental que está detrás de la tarea de la conducción. El factor humano consta de tres partes, percepción, procesamiento y acción. Durante el proceso de percepción adquirimos toda la información del entorno para posteriormente analizarla. El principal problema es que no percibimos toda la información disponible ya sea por la edad, problemas visuales, distracciones, etc. Una vez hemos absorbido la información se produce un procesamiento de la información y de los datos obtenidos, es en este proceso donde influye nuestra capacidad mental y donde tenemos que tomar una decisión con los datos obtenidos previamente que en algunos casos serán incompletos. Este proceso se puede ver afectado por distracciones, la edad o el estrés que hacen que las capacidades mentales disminuyan. Por último, vendría la acción, donde nuestro cerebro manda un estímulo a nuestro cuerpo con la respuesta al problema percibido en un primer momento. La dificultad de este proceso se basa en conocer la manera de pensar de cada conductor y prever sus reacciones, para ellos existen modelos estadísticos que se utilizan para desarrollar mejores medidas de seguridad vial y carreteras auto-explicativas.
- **Factor vehículo.** Este factor está muy trabajado en países desarrollados y no tanto en los países subdesarrollados. Se basa en un fallo del vehículo, el cual provoca un accidente. Las compañías automovilísticas gastan millones en investigaciones para modernizar los sistemas de seguridad de los vehículos y evitar así accidentes. También los países tienen un sistema de mantenimiento obligatorio de los vehículos para minimizar la aparición de este factor en los accidentes. Aun con todo eso siguen ocurriendo accidentes por problemas como pinchazos, problemas en los frenos, en la dirección, etc.

- **Factor infraestructura.** Este factor tiene una interacción muy elevada con el factor humano, normalmente un fallo en el factor humano está muy relacionado con un fallo de la infraestructura por no ser clara y entendible. En este sentido los ingenieros podemos actuar para hacer infraestructuras más seguras y entendibles por todos los conductores. Pero muchas veces el problema no viene de un mal diseño por parte del ingeniero si no que son las limitaciones económicas las que dificultan un buen diseño. En otras ocasiones cuando se actúa para corregir un fallo de diseño y se mejora un tramo hay que tener cuidado ya que si no se estudia en profundidad la carretera existe la posibilidad de trasladar los accidentes, es decir evitar los accidentes en el tramo actuado, pero provocar accidentes antes o después del tramo actuado. Existe un dato que dice que la tasa de accidentalidad son 2-4 veces mayor en carreteras convencionales que en autovías o autopistas pese a que en las segunda la velocidad es mucho mayor. Esto se debe a que, aunque la velocidad sea mayor la cantidad de información que tiene que absorber el conductor es menor y por consiguiente más fácil tomar una decisión segura. Otros factores además del tipo de vía puede ser la cantidad de accesos, condiciones del firme, anchura de la plataforma, estado de los márgenes y mantenimiento de las señales.
- **Factor tráfico.** Este factor influye no solo en la ocurrencia del accidente, sino que también en la gravedad del mismo. Podemos diferenciar la velocidad, la intensidad y la composición del tráfico. Aumentar la velocidad significa más distancia de reacción, menos percepción del entorno, mayor energía a disipar en caso de colisión. En cuanto a la intensidad podemos decir que los accidentes aumentan cuando aumenta la intensidad, pero no de forma lineal. Por último, está la composición del tráfico, un tráfico con muchos vehículos pesados supondrá menor velocidad y mayor dispersión de dichas velocidades y por consiguiente accidentes más graves. Por todo esto una buena infraestructura tiene que estar pensada para todos los usuarios y tener unas limitaciones de velocidad acorde con su diseño ya que velocidades muy bajas llevaría a un incumplimiento por parte de los usuarios y velocidades más altas sería peligroso para la seguridad de los usuarios.
- **Factor entorno.** En este factor se engloban todos los fenómenos naturales que afectan a la conducción y por consiguiente pueden provocar un accidente, por ejemplo, la lluvia, la nieve, la niebla, etc. Este factor no se puede prevenir, puesto que es aleatorio, lo que sí se puede es llevar a cabo una serie de actuaciones para minimizar los riesgos cuando ocurra.

En este trabajo nos vamos a centrar en la seguridad vial activa aplicada a las infraestructuras.

3 ELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE ESTUDIO

En primer lugar, para el desarrollo de este trabajo, hemos necesitado seleccionar tres tramos de las carreteras de Extremadura que por su accidentabilidad o por la gravedad de sus accidentes sean susceptibles de estudio.

Para ello hemos necesitado la ayuda de la Junta de Extremadura, la cual desinteresadamente nos cedió una base de datos con la accidentabilidad de toda su red. De este modo podíamos buscar los puntos de estudio más interesante por gravedad o por cantidad.

Tras un estudio exhaustivo de los datos y ayudado por los conocimientos personales de la red de carreteras se han seleccionado los siguientes tramos.

- Carretera EX-118 (Km 37): Este punto ha sido seleccionado por ser un punto muy conflictivo ya que los datos reflejaban una accidentabilidad bastante elevada y tras visitar el punto, la sensación fue de un punto complicado por su ubicación y de una cierta dificultad a la hora de conducir por dicho tramo. Por todo esto hemos creído que era un buen punto de estudio.
- Carretera EX-386 (Km 19): Este punto ha sido seleccionado a pesar de que no hay una gran cantidad de accidentes, cierto es que a IMD es muy baja. Pero más que por la cantidad o la gravedad de los accidentes, ha sido seleccionado por el conocimiento personal de un problema en este punto. Debido a la cercanía de mi localidad con este punto puedo asegurar que existe entre los vecinos una preocupación por este punto llegándose a avisar entre ellos cuando la circulación por dicho tramo es peligrosa o cuando hay accidentes. Esto ha despertado en mi la curiosidad primero por saber cuál es el verdadero problema y segundo cual podría ser una solución para que la gente pueda circular sin ningún miedo por este tramo.
- Carretera EX-386 (Tramo 2-19): El último tramo tiene una gran cantidad de accidentes que unido a la baja IMD acentúa el problema, estos accidentes escasamente revierten gravedad ya que la mayoría de las ocasiones se saldan con daños materiales únicamente. Pero personalmente creo que ante tal cantidad de accidentes es necesario una actuación. El problema que presenta este tramo ha existido siempre, obligando a los vecinos de las localidades cercanas a convivir con él, por lo que creo, es necesario una actuación para mitigar o solucionar si fuese posible el problema.

Otro motivo por el cual se ha seleccionado este tramo es por la peculiaridad de su problemática, los accidentes con fauna, debido a que creo, puede ser algo novedoso y diferente en este tipo de trabajos.

Como hemos podido ver los tres tramos seleccionados bien por un motivo u otro son susceptibles de estudio para la comprensión de su problemática y la posible resolución o mitigación del mismo. A continuación, empezaremos a estudiar cada uno de los tramos por separado, aportando todo los detalles necesarios para poder comprender la situación de cada uno de ellos y poder así elegir la solución o soluciones para hacer que la circulación por estos tramos sea segura para los conductores.

4 CARRETERA EX-118 (KM 37)

EX-118	
Junta de Extremadura,  España	
Datos de la ruta	
Identificador	EX-118
Tipo	Carretera
Longitud	65,320 km
Orientación	
• EX-102	Guadalupe
• A-5	Navalmoral de la Mata

Imagen 4-1. Carretera EX-118

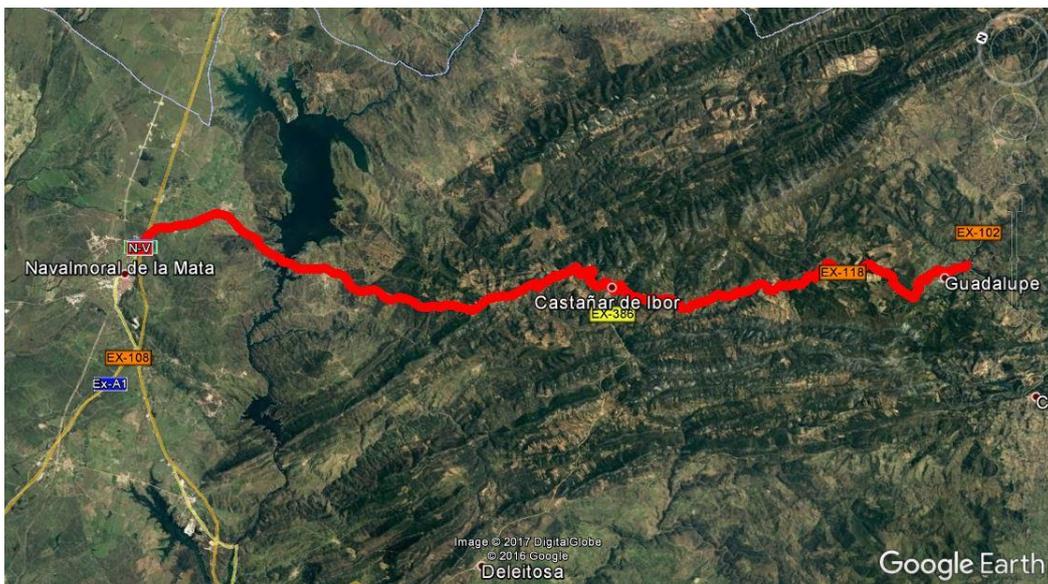


Imagen 4-2. Ubicación EX-118 (Fuente Google Earth)

La carretera EX-118 es de titularidad de la Junta de Extremadura. Su categoría es básica y discurre de Guadalupe a Navalmoral de la Mata. Pasando por Navavillar de Ibor, Castañar de Ibor, Bohonal de Ibor y Peraleda de la Mata. Tiene una longitud de 65,320 km.

4.1 Ubicación

El punto kilométrico a estudiar es el 37 hectómetro 1. Situado entre los pueblos de Castañar de Ibor y Bohonal de Ibor, más cerca del primero. La carretera tiene una orientación sur norte y termina en la A-5 de el km 178 de esta. A continuación, se muestran unas imágenes para tener una idea de la ubicación de la carretera. Como se puede apreciar en la (Imagen 4-3) la carretera del estudio está ubicada al noreste de la Comunidad de Extremadura, en la provincia

de Cáceres y es considerada básica por la Junta de Extremadura ya que da salida a la población de Guadalupe y toda la comarca de Villuercas e Ibores por la autovía A-5. Como se puede apreciar en la (Imagen 4-4) el trazado discurre entre la sierra de las Villuercas, el cual es un conjunto montañoso perteneciente a los Montes de Toledo, su pico de mayor altitud es el Pico Villuercas de 1.601 msnm, el cual está ubicado a pocos kilómetros de la carretera. Por todo ello la carretera tiene un trazado sinuoso desde el pk 0 hasta el pk 45 aproximadamente. Por último, podemos apreciar en (Imagen 4-5) que el punto de estudio se encuentra en una curva bastante cerrada cuyas características estudiaremos más adelante, cabe destacar que la actuación está muy restringida debido a la ubicación del trazado a media ladera.

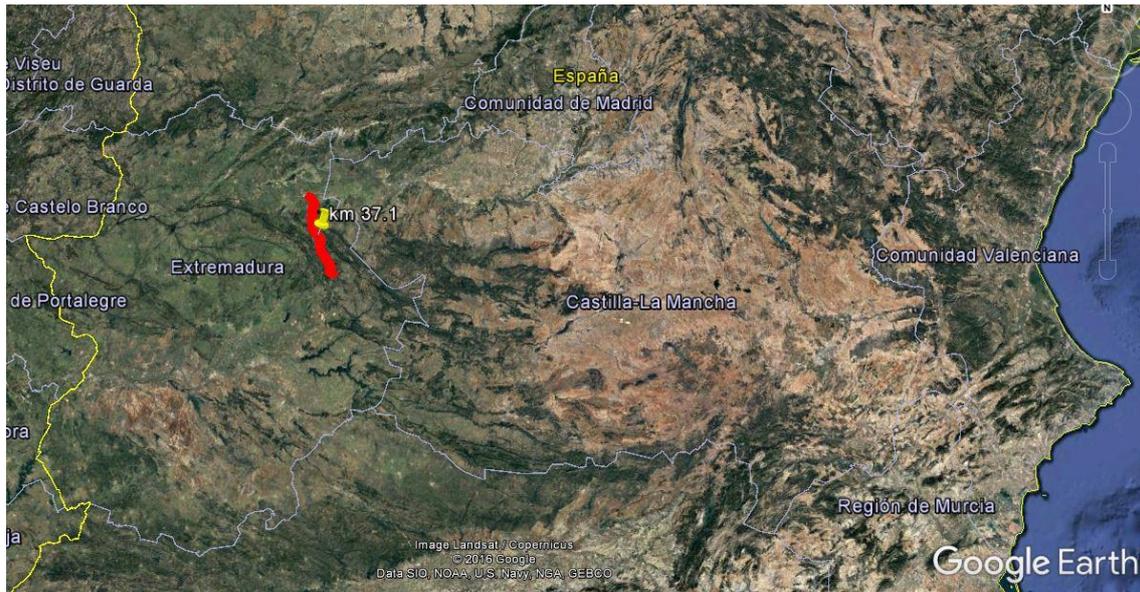


Imagen 4-3. Ubicación EX-118 altura del ojo 500 km (Fuente: Google Earth)

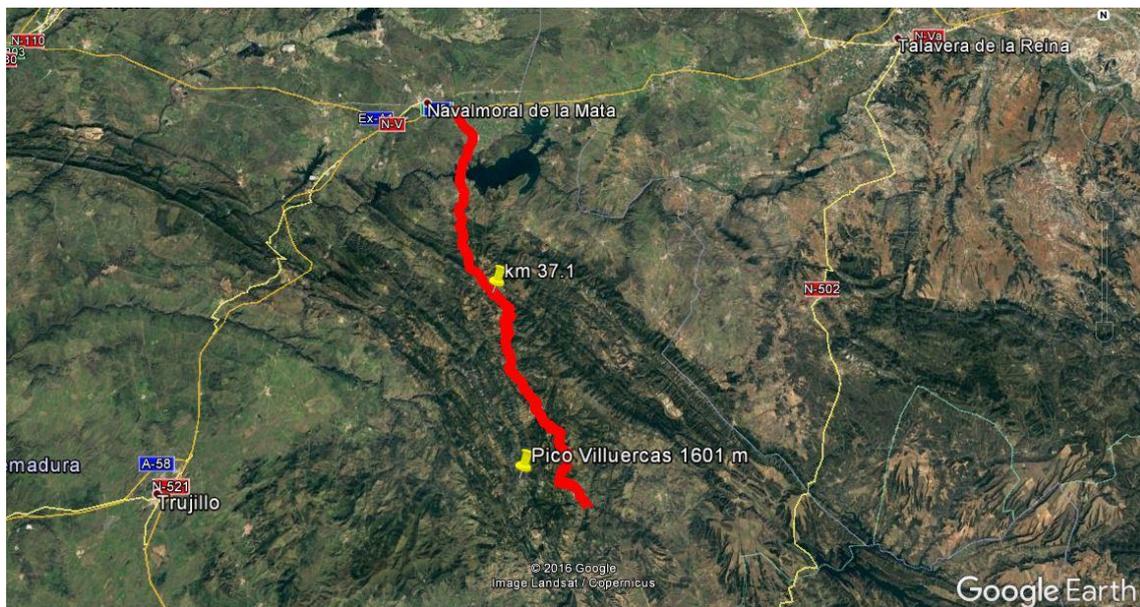


Imagen 4-4. Ubicación EX-118 altura del ojo 100 km (Fuente: Google Earth)



Imagen 4-5. Ubicación EX-118 altura del ojo 2 km (Fuente: Google Earth)

4.2 Datos

La Ex-118 es una carretera convencional de dominio y uso público. Es de calzada única con un carril para cada uno de los sentidos. Los carriles son de 3.5 m mientras que los arcenes son de 0.5 m aun que en el punto de estudio el arcén parece insuficiente como se puede apreciar en la foto (Imagen 4-9).

El punto de estudio corresponde al pk 37+100 en el cual hay una curva a derechas en el sentido ascendente de los pk, de radio 60m, un radio muy reducido y no hay accesos a la carretera en las inmediaciones de la curva.

- En cuanto al firme la carretera se encuentra en buen estado como se puede apreciar en la Imagen 4-8.
- En cuanto al trazado como se ha dicho anteriormente es un trazado sinuoso, se puede apreciar en la Tabla 1 sus características. En sentido ascendente de los pk nos encontramos con una curva a derecha de radio 180 y longitud 60 m, después nos encontramos una pequeña recta de 70 metros, una vez termina la recta entramos en una curva a izquierda de radio 105 y longitud 70 metros, después viene otra recta de 85 metros. Tras esta recta vienen dos curvas consecutivas a derecha la primera de radio 140 y longitud 115m y la segunda de radio 60 y longitud 90m la cual termina en una recta de 160m para entrar en una última curva a izquierda de radio 80 y longitud 140 metros. Como se puede apreciar el trazado es complicado puesto que estamos en carretera de montaña lo que hace que los radio sean muy pequeños, será importante ver si se cumple con la normativa en cuanto a inconsistencia de trazado en las curvas consecutivas unidas por una recta de poca longitud. También estudiaremos las dos curvas consecutivas a derechas.
- El peralte es más que apreciable ya que alcanza valores del 7% en el punto de estudio (línea roja). En cuanto a su transición en el pk 36+900 tiene un valor de 0% (línea verde) este peralte empieza a aumentar rápidamente hasta el pk 36+980 (línea azul) donde toma un valor del 5% y después sigue aumentando más lentamente hasta pk 37+100 (línea roja) donde toma valor del 7% habiendo recorrido 200m, posteriormente este peralte se desvanece linealmente hasta el 0% (línea verde) en 120m (pk 37+220). Se puede ver que la curva se encuentra en su máximo valor de peralte, pero habrá que tener en cuenta como se produce esta transición. Todo esto puede apreciarse en la Imagen 4-6.

- En cuanto a la señalización nos encontramos con señales del tipo P-14a, R-301 en el pk 36+400 para el sentido ascendente y en el pk 37+700 para el sentido descendente y paneles bidireccionales desde el pk 36+935 hasta el pk 37+140 para ambos sentidos como se puede apreciar en las Imagen 4-7 e Imagen 4-10, estas señales estaban en buen estado y aparentemente su reflexión era correcta. En el siguiente apartado se estudiará si estas señales son las correctas y si están en la mejor ubicación.

Tabla 1. Diseño de trazado (tramo 1)

Elemento	Radio	Longitu	P.K. Inicial	P.K. Final
curva	180	60	36+650	36+710
recta		70	36+710	36+780
curva	-105	70	36+780	36+850
recta		85	36+850	36+935
curva	140	115	36+935	37+050
curva	60	90	37+050	37+140
recta		160	37+140	37+300
curva	-80	140	37+300	37+440

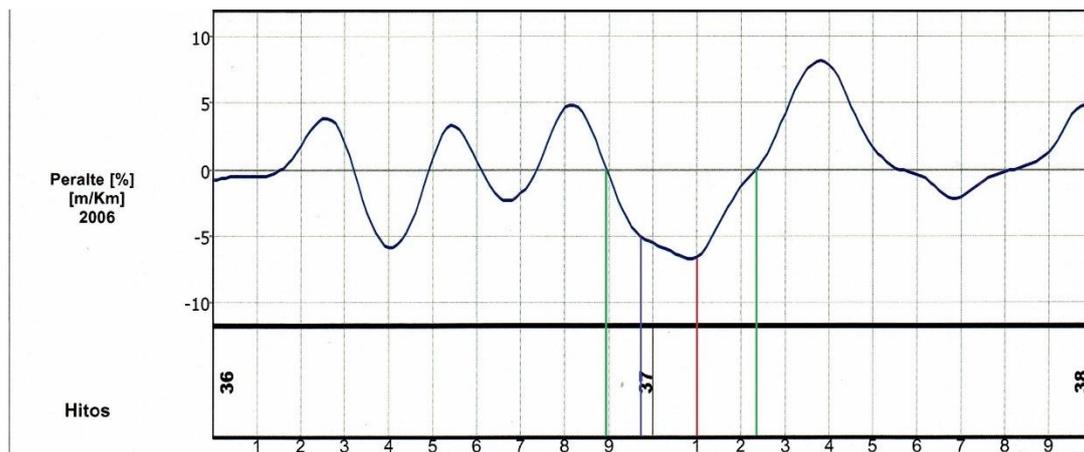


Imagen 4-6. Tabla de peraltes (Facilitada por la Junta de Extremadura Sección de Carreteras)



Imagen 4-7. Señales P-14a y R-301 (Fuente Google Maps)



Imagen 4-8. Punto de estudio PK 37+100 sentido ascendente

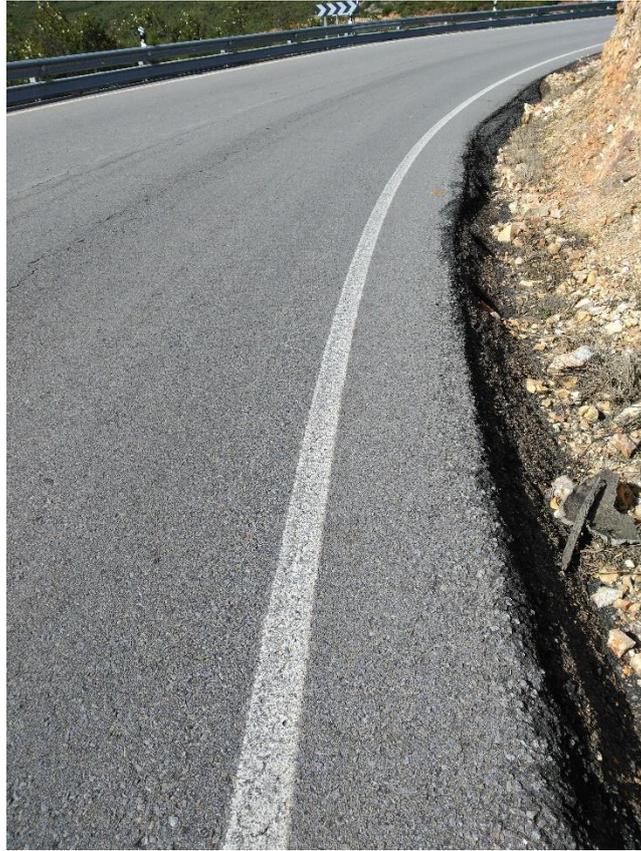


Imagen 4-9. Arcen del punto de estudio PK 37+100



Imagen 4-10. Punto de estudio PK 37+100 sentido descendente

4.2.1 IMD

Con los datos de IMD podremos hacernos una idea de la cantidad de vehículos que circulan por esta carretera y su composición. También podremos ver cómo ha evolucionado en el tiempo y si guarda alguna relación con los accidentes y valorar la relación entre accidentes y vehículos que pasan por esta carretera cada día. En la tabla podemos apreciar las IMD desde el 2011 hasta el 2015 obtenida desde la aplicación Afoex de la Junta de Extremadura.

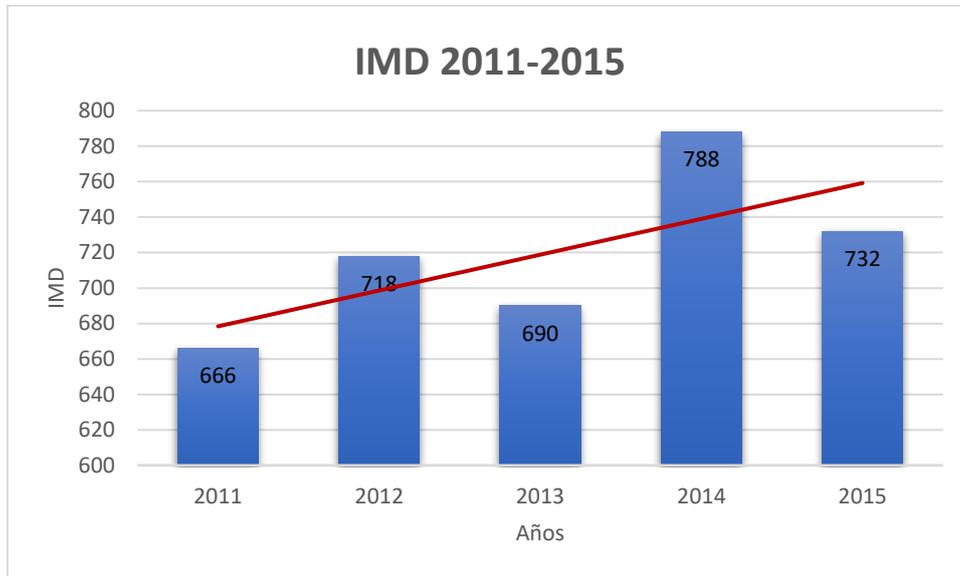


Imagen 4-11. IMD 2011-2015 (Fuente: Aplicación Afoex Junta de Extremadura)

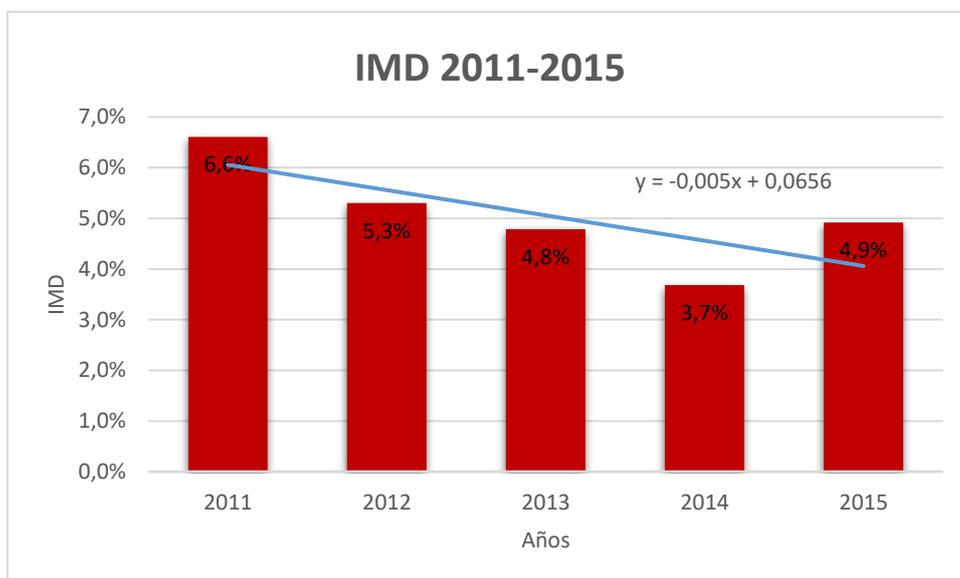


Imagen 4-12. % pesados periodo 2011-2015. (Fuente: Aplicación Afoex Junta de Extremadura)

Los datos están tomados por la estación CC-1871 en el PK 42+000 se puede apreciar en la (Imagen 4-11) que, aunque los datos varían la tendencia es al alza. También podemos observar que las IMD son relativamente bajas por lo que entendemos que el problema que presenta la carretera no tiene nada que ver con el tráfico y si con elementos de diseño. Por otro

lado, en la (Imagen 4-12) vemos que el porcentaje de pesados además de ser bajo, ha disminuido lo que hace que la carretera sea más segura, ya que al ser una carretera de montaña y de doble sentido de circulación el tránsito de vehículo pesados baja la velocidad de circulación y también hace que los conductores asuman más riesgos en el momento en el que tienen que adelantar a los vehículos pesados.

4.2.2 Accidentabilidad

A continuación, se muestran los accidentes ocurridos en el punto de estudio para el periodo del año 2011 al 2015, los datos los hemos obtenido gracias a la Junta de Extremadura a la sección de conservación de carreteras y se muestran en la (Tabla 2).

Tabla 2. Accidentes EX-118

EX-118							
Fecha	Sentido	Km	Hm	Tipo	muertos	H graves	H leves
31/01/2011	Descendente	37	1	Salida de vía por la derecha	0	1	0
08/02/2011	Descendente	37	1	Atropello animales	0	0	0
03/10/2011	Ascendente	37	1	Salida vía por la derecha	0	0	1
23/03/2012	Descendente	37	1	Salida de vía por la derecha	0	0	1
24/05/2012	Ascendente	37	1	Salida de vía por la derecha	0	0	0
12/08/2012	Ascendente	37	1	Salida de vía por la izquierda	0	0	0
14/11/2012	Ascendente	37	1	Salida de vía por la derecha	0	1	1
08/03/2013	Ascendente	37	1	Salida de vía por la izquierda	0	0	1
18/11/2013	Descendente	37	1	Salida de vía por la derecha	0	0	1
12/02/2014	Ascendente	37	1	Salida de vía por la izquierda	0	1	1
15/04/2014	Descendente	37	1	Salida de vía por la derecha	0	0	1
02/12/2014	Descendente	37	1	Salida vía por la izquierda	0	0	0
30/07/2015	Descendente	37	1	Atropello animales	0	0	0
25/08/2015	Descendente	37	1	Atropello animales	0	0	0
30/12/2015	Ascendente	37	1	Salida de vía por la izquierda	1	1	0
Totales					1	4	7

Como podemos apreciar en la (Tabla 2) cada accidente tiene la información de la fecha, el sentido, el punto exacto, el 37+100, la causa y el número de víctimas. Observamos en la (Tabla 3) que la diferencia entre el sentido ascendente y descendente es de 1 accidente por lo que podemos obviar que el sentido tenga algo que ver con la causa de los accidentes. Cabe recordar que los pk son ascendentes en el sentido Guadalupe – Navalmoral de Mata y que el punto 37+100 al encontrarse a media ladera en el sentido ascendente tenemos a la derecha un talud y a la izquierda un terraplén como se puede apreciar en la (Imagen 4-10). Para poder apreciar mejor el tipo de accidentes que tenemos en este punto se ha elaborado la (Imagen 4-13)

Tabla 3. Sentido de la marcha

Sentido	Ascendente	Descendente
Total	7	8



Imagen 4-13. Salidas de vía en el pk 37+100 (elaboración propia)

De color verde están los accidentes en sentido ascendente y en color rojo los accidentes en sentido descendente, hay que decir que los accidentes con animales se han obviado en esta imagen. Con esta foto podemos apreciar que la diferencia en el número de accidentes entre sentido ascendente y sentido descendente no es muy grande 7-5 respectivamente, lo que sí es característico es la diferencia entre salidas al exterior de la curva y salidas al interior de la curva 8-4 respectivamente. Por lo que ya podríamos sacar algunas conclusiones sobre este punto concreto.

4.2.2.1 ÍNDICE DE PELIGROSIDAD

El índice de peligrosidad es una medida de la tasa de siniestralidad del tramo de carretera en estudio. Esta tasa compara el número de accidentes, el tráfico en un periodo de tiempo (cuanto mayor sea el periodo de estudio mejor serán los resultados) y la longitud del tramo de estudio. La fórmula a aplicar sería la siguiente.

$$I.P. = \frac{(N \text{ Accidentes})}{(\sum IMD) * (365) * (L \text{ tramo (km)}) * (10^6)}$$

Tabla 4. Accidentes con víctimas

Número de accidentes con víctimas	Muertos	Heridos Graves	Heridos Leves
9	1	4	7

Los accidentes con víctimas podemos verlos en la (Tabla 4), en el denominador tenemos los vehículos en nuestro caso la IMD de los cinco años (666+718+690+788+732) multiplicado por la longitud del tramo, puesto que es un punto concreto consideramos la longitud 0.1 Km. El resultado de esta operación nos daría un índice de peligrosidad de **68.60**. Como podemos observar es un valor muy elevado, esto se debe a que no estamos estudiando un tramo si no que estamos estudiando un punto en concreto también influye que nuestro tramo tenga IMD muy bajas y elevado número de accidentes. Por todo ello no cabe la menor duda de que en este punto se debe actuar.

4.3 Análisis de los datos

En este apartado se estudiarán los datos presentados en el punto 4.2 donde se nos ofrecía toda la información disponible del tramo en estudio y a través de los cuales analizaremos cual es el problema y posteriormente se propondrán las soluciones más adecuadas a dichos problemas.

En este tramo nos encontramos ante un claro problema en el factor infraestructura, el cual debido a sus condiciones geográficas se encuentra en un difícil punto de actuación. A continuación, se presenta los problemas que hemos observado.

4.3.1 Análisis de los datos

Nos encontramos con una carretera a media ladera en un terreno abrupto donde la propia carretera se tiene que adaptar al terreno para no excederse en los movimientos de tierra. Es por ello que surgen tramos de situación complicada como el que estamos estudiando.

En primer lugar, hay que fijarse en el arcén, el cual en el punto de estudio llega a medir escasos 30 cm y a continuación de este se encuentra la cuneta que recoge las aguas del talud de desmonte la cual es bastante pronunciada. A esto hay que añadir la cercanía del talud a la carretera debido al escaso arcén del que dispone en este punto. Todo esto conlleva que si un vehículo pierde el control y saca una rueda fuera de la carretera estaríamos ante un accidente seguro.

Si nos fijamos un poco en su trazado podemos ver que tiene dos curvas consecutivas a derecha de distinto radio 140 y 60 algo que la instrucción 3.1 IC prohíbe, esto significa que un conductor que entre en la curva adaptará su velocidad y giro del volante para un radio de 140 m y de repente y sin previo aviso la curva se cerrará a más del doble y el conductor en mitad de la curva tendrá que frenar y girar el volante más aún. Es aquí donde pueden surgir dos accidentes, el primero si el conductor va rápido, no tendrá tiempo para reaccionar y se saldrá hacia el exterior de la curva por otro lado el conductor ante este imprevisto puede girar el

volante más de la cuenta ya que no hay una adaptación progresiva a ese radio y salirse hacia el interior de la curva. Por todo esto entendemos que corregir esos radios sería una buena opción.

A la hora de estudiar el peralte y su transición tenemos que tener en cuenta que nos encontramos en una carretera que no dispone de curva de transición y que enlaza curvas muy próximas unas a otras y con rectas muy cortas. Teniendo en cuenta esto vemos que se consigue el valor máximo del peralte en el centro de la curva algo que es correcto, además el peralte alcanza valores del 5% en la recta de aproximación a la curva y dentro de la curva consigue el 2% restante esto no es del todo correcto, pero si tenemos en cuenta la cercanía entre curvas, no queda otra opción para cumplir con la transición de peralte. Por todo ello podemos concluir que el peralte está ejecutado de forma correcta en este tramo.

Por último, vamos a prestar atención a las señales, como se ha dicho anteriormente las señales se encontraban en buen estado, pero a nuestro parecer la señal P-14a se encontraba lejos del punto de peligro. Esta señal estaba ubicada dos curvas antes de la peligrosa, por ello los conductores al girar dos curvas pueden pensar que ya ha pasado el peligro de la curva y llegar a donde realmente está el peligro sin la atención necesaria, por lo que entendemos que sería conveniente que la señal estuviera más cerca del peligro que informa.

Otro punto que creemos que es conveniente tener en cuenta son los paneles bidireccionales y aunque es cierto que según la norma se colocaran un panel por cada 20 Km/h que haya que disminuir la velocidad para tomar la curva, en este caso y al tratarse de una curva peligrosa creemos insuficientes un solo panel bidireccional.

4.4 Propuesta y valoración de las soluciones

En este apartado vamos a buscar soluciones para los problemas anteriormente detectados y vamos a proceder a valorarlos para cuantificar sus beneficios y poder decantarnos por uno u otro.

El principal problema que nos encontramos en este tramo y el causante de todos los accidentes que se originan en él, como se ha comentado anteriormente es el radio de la curva, por lo que entendemos las opciones tienen que estar centradas en solucionar este problema.

Problemas y objetivos	
Problema	Objetivo
1. Entendemos que el trazado no cumple con lo que la norma específica, porque nos encontramos antes dos curvas consecutivas de radio distinto. El arcén es insuficiente y el desmonte está muy cerca de la carretera quitando visibilidad a la curva. Las señales están colocadas muy lejos de donde realmente está el peligro.	Conseguir que el punto cuente con un giro de un solo radio, así como mejorar la visibilidad y la seguridad en la curva ganando terreno al desmonte. Por último, sería conveniente ubicar las señales en un lugar óptimo para su correcta interpretación

A continuación, se presentarán tres opciones que serán valoradas económicamente, ambientalmente y por su efectividad a través de una matriz multicriterio. Una vez presentada las tres opciones elegiremos la más conveniente y nos centraremos en explicar con un poco más de detalle dicha solución.

Para el análisis multicriterio vamos a estudiar 3 aspectos de cada una de las soluciones.

- Efectividad de la solución. Se valorará como de efectiva es la propuesta frente a la problemática y cuanto se espera que reduzca la misma.
- Impacto medioambiental. Se valorará como incide tanto positiva como negativamente la propuesta en el medioambiente.
- Económica. Se realizará un estudio del coste necesario para llevar a cabo las soluciones presentadas en este apartado.

Las puntuaciones para cada parámetro serán las siguientes.

EXCELENTE:	5 puntos
BUENA:	4 puntos
NORMAL:	3 puntos
MALA:	2 puntos
DESASTROSA:	1 punto

4.4.1 Solución 1

Un problema existente en la curva es la escasa visibilidad, puesto que el desmonte está muy próximo a la carretera y apenas existe arcén. En este caso queremos dotar de mayor visibilidad a la curva, para ello quitaremos un metro de desmonte. Habrá que tener en cuenta que al ganar un metro al desmonte este se volverá más inestable ya que ganará altura por lo que la cabeza del talud deberá ser rebajada hasta poder asegurar su estabilidad.

Este metro ganado, tras varios planteamientos hemos pensado dejarlo como berma y no como arcén, con esto conseguimos ganar la visibilidad necesaria y no corremos el riesgo de que los conductores al ver que la carretera es más ancha vayan más rápidos. Puesto que esta solución no elimina el problema del doble radio en curva se reforzarían los paneles direccionales y se colocarían las señales p-14a más cerca de la curva.

Con esta solución queremos dotar de mayor visibilidad en la curva y a su vez evitar que si un conductor pierde el control hacia el interior de la curva puedan recuperarlo gracias al metro que hemos ganado. A su vez los conductores estarán más advertidos del peligro que tiene la curva. Esto se puede apreciar en el plano 1.1.

El modo de actuación pasaría en primer lugar por desbrozar la cabeza del talud a lo largo de los 200 metros de curva y 20 metros antes y después de la curva para eliminar la vegetación existente en dicho lugar lo que supone una superficie de 1300 m².

En segundo lugar, se le ganaría 1 metro al desmonte dejando la misma pendiente del actual y asegurando la estabilidad, lo que supone 250 m³.

Una vez tengamos el terreno desmontado se compactará la tierra al nivel de la calzada y se retranqueará la cuneta hasta el pie del talud lo que hace un total de 250 m³ compactados y 20 m³ de zanja.

Por último, se colocarán 12 paneles direccionales para convertirlos en dobles en ambos sentidos y advertir mejor de la presencia de una curva con riesgo, también se trasladará la señal p-14a del pk 36+400 al pk 36+700 en el sentido ascendente.

Tabla 5. Coste m2 Desbroce de bosque

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Capataz	0.008	13.62	0.11
2	h. Peón ordinario	0.008	12.77	0.10
3	h. Pala carg.cadenas 130 CV/1.8m3	0.008	50.15	0.40
4	h. Camión basculante 4x4 14t	0.008	36.65	0.29
5	h. Motosierra gasolina l=40cm 1.8 CV	0.008	2.32	0.02
6	m3 Canon de tierras a vertedero	0.2	0.31	0.06
				0.98

Tabla 6. Coste m3 desmonte terreno sin clasificar

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Capataz	0.010	13.62	0.14
2	h. Oficial de primera	0.020	13.42	0.27
3	h. Peón ordinario	0.020	12.77	0.26
4	h. Excav.hidr.cadenas 310 CV	0.010	88.55	0.89
5	h. V.P.martillo en fondo hidr. 150mm	0.010	217.17	2.17
6	Kg Goma-2 D=55 mm	0.015	3.34	0.05
7	Kg Nagolita a granel	0.035	1.23	0.04
8	Ud Detonador eléctrico	0.010	1.30	0.01
9	m. Hilo de conexión	0.150	0.11	0.02
10	m. Cordon detonante 12 gr	0.010	0.49	
11	h. Pala carg.neumat. 200 CV/3.7m3	0.010	68.16	0.68
12	h. Camión basculante 6x4 20t.	0.010	38.83	0.39
13	m3 Canon de tierras a vertedero	0.2	0.31	0.06
				4.98

Tabla 7. Coste m2 superficie compactada

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Peón ordinario	0.120	12.77	1.53
2	h. Cisterna agua s/camión 10.000 l.	0.015	28.80	0.43
3	h. Rodillo v.dúplex 55cm 800 kg.man	0.120	5.64	0.68
				2.64

Tabla 8. Coste m3 zanja excavada

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Capataz	0.050	13.62	0.68
2	h. Peón ordinario	0.050	12.77	0.64
3	h. Excav.hidr.cadenas 135 CV	0.050	54.98	2.75
4	h. Martillo rompedor hidra. 600 Kg.	0.050	8.37	0.42
5	h. Camión basculante 4x4 14t.	0.050	36.65	1.83
6	m3 Canon de tierras a vertedero	0.100	0.31	0.03
7	h. Pala carg.neumat. 85 CV/1.2m3	0.025	40.33	1.01
				7.36

Tabla 9. Coste Panel direccional 165x45cm

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1 h.	Capataz	0.050	13.62	6.81
2 h.	Peón ordinario	1.000	13.42	13.42
3 h.	Oficial primera	1.000	12.77	12.77
4 h.	Ahoyadora	0.500	25.06	12.53
5 ud	Panel direc.reflec. 165x45 b/a	1.000	89.52	89.52
6 m.	Poste galvanizado 80x40x2 mm	5.000	22.41	112.05
7 m3	HORMIGON HM-15/P/20	0.300	79.91	23.97
				271.07

Tabla 10. Coste total

	Descripción	Cantidad	Precio	Total
1	Desbroce	1300	0.98	1.274
2	Desmante	840	4.98	4.183
3	Compactación	250	2.64	660
4	Cuneta	20	7.36	147
5	Panel direccional	12	271.07	3.252
				9.516

Tabla 11. Matriz multicriterio 1

Efectividad	Impacto Ambiental	Valoración Económica	Total
2	3	4	9

4.4.2 Solución 2

El principal problema que hemos encontrado en este punto es el doble radio en el giro a derechas ya que pasa de tener un radio de 140 a un radio de 60 dentro de la misma curva y sin ningún tipo de transición, es por ello que consideramos un factor de riesgo y un punto a subsanar del trazado.

Para ello en este apartado hemos optado por la opción de crear un nuevo trazado muy próximo al existente, ya que solo se eliminarían las dos curvas a derecha y se sustituirían por una nueva de radio 90 paralela a la existente, esto se puede apreciar en el plano 1.2.1. De este modo los conductores que entren en la curva no se encontrarán por sorpresa a mitad de ella con que el radio se cierra y así podremos evitar los accidentes que por este problema ocurrieran, dotando a la carretera de un mayor confort y seguridad. El peralte según norma le corresponde un valor máximo del 7%, al igual que el trazado antiguo por lo que en este apartado no habría ningún cambio ya que nosotros mantendremos las rectas que daban acceso a las curvas donde se ganaba el peralte necesario para entrar en la curva con valores próximos al 5%.

El principal problema que tiene esta solución radica en el talud de desmante que se sitúa en el margen derecho de la carretera ya que cualquier cosa que suponga desplazar el trazado hacia la derecha implica un gran trabajo de desmante y movimiento de tierras. Por suerte dicho

talud no es de gran altura y su cota se mantiene prácticamente constante. Se puede ver la sección transversal en el plano 1.2.2

El modo de actuación consiste en primer lugar desbrozar toda la zona de trabajo lo que supone un total de 3000 m². Posteriormente se eliminará el desmonte que se encuentre a lo largo de la traza del nuevo recorrido, en este punto solo se excavará en la zona de la traza ya que en algunas zonas llegamos a tener hasta 20 metros de distancia entre los dos ejes y si desmontáramos toda la zona aparte de tener un coste demasiado elevado, supondría un impacto visual demasiado importante. La cota del nuevo trazado se ha mantenido igual que la antigua y las pendientes de los taludes será de 1:4 como los existentes ya que se ha comprobado que son estables. Todo esto supone un total de 8500 m³.

El siguiente paso será compactar la zona desmontada para así conseguir una buena explanada en la cual se asentará nuestra nueva carretera, esto supone 2040 m².

Una vez tenemos la explanada preparada para nuestra carretera procedemos a dimensionar nuestro paquete de firmes, para ello iremos a la norma 6.1 IC donde en función de nuestro tráfico, veremos cuál es el firme que le corresponde. En nuestro caso puesto que tenemos un tráfico pesado de unos 35 vehículos al día, nos corresponde un tráfico T41 y si nos fijamos en la tabla para este valor tenemos que colocar 20 cm de zahorra artificial y 10 cm de mezcla bituminosa. La mezcla bituminosa estará dividida en 6 centímetros de capa intermedia AC-22 y los 4 restantes para la capa de rodadura AC-16. Esto nos da un volumen de zahorra de 400 m³, un volumen de AC-22 de 117 m³ que multiplicado por su densidad 2.49 nos da 291 t. y un volumen de AC-16 de 77.25 m³ que multiplicado por su densidad 2.49 nos da 193 m³. Entre la zahorra y la capa de AC-22 se colocará un riego de imprimación, en total 1950 m², entre la capa de AC-22 y AC-16 se colocará un riego de adherencia, en total 1920 m².

Por último, solo nos quedara pintar las marcas viales sobre la carretera un total de 720 m y colocar las señales, para las cuales utilizaremos las existentes ya que se encuentran en buen estado.

Tabla 12. Coste m² Desbroce

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1 h.	Capataz	0.008	13.62	0.11
2 h.	Peón ordinario	0.008	12.77	0.10
3 h.	Pala carg.cadenas 130 CV/1.8m ³	0.008	50.15	0.40
4 h.	Camión basculante 4x4 14t	0.008	36.65	0.29
5 h.	Motosierra gasolina l=40cm 1.8 CV	0.008	2.32	0.02
6 m ³	Canon de tierras a vertedero	0.2	0.31	0.06
				0.98

Tabla 13. Coste m2 Desmonte terreno sin clasificar

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Capataz	0.010	13.62	0.14
2	h. Oficial de primera	0.020	13.42	0.27
3	h. Peón ordinario	0.020	12.77	0.26
4	h. Excav.hidr.cadenas 310 CV	0.010	88.55	0.89
5	h. V.P.martillo en fondo hidr. 150mm	0.010	217.17	2.17
6	Kg Goma-2 D=55 mm	0.015	3.34	0.05
7	Kg Nagolita a granel	0.035	1.23	0.04
8	Ud Detonador eléctrico	0.010	1.30	0.01
9	m. Hilo de conexión	0.150	0.11	0.02
10	m. Cordon detonante 12 gr	0.010	0.49	
11	h. Pala carg.neumat. 200 CV/3.7m3	0.010	68.16	0.68
12	h. Camión basculante 6x4 20t.	0.010	38.83	0.39
13	m3 Canon de tierras a vertedero	0.2	0.31	0.06
				4.98

Tabla 14. Coste m2 Superficie compactada

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Peón ordinario	0.120	12.77	1.53
2	h. Cisterna agua s/camión 10.000 l.	0.015	28.80	0.43
3	h. Rodillo v.dúplex 55cm 800 kg.man	0.120	5.64	0.68
				2.64

Tabla 15. Coste m3 Base extendida

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Capataz	0.010	13.62	0.14
2	h. Peon ordinario	0.020	12.77	0.26
3	h. Motoniveladora de 200 CV	0.020	58.27	1.17
4	h. Rodillo vibr.autopr.mixto 15 t.	0.020	32.80	0.66
5	h. Cisterna agua s/camión 10.000 l.	0.020	28.80	0.58
6	h. Camión basculante 4x4 14 t.	0.010	36.65	0.37
7	t. Zahorra arti.husos. ZA(20)/ZA(25)	2.200	5.83	12.83
				16.01

Tabla 16. Coste m2 Riego de imprimación

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Peón ordinario	0.004	12.77	0.05
2	h. Cisterna agua s/camión 10.000 l.	0.001	28.80	0.03
3	h. Rodillo v.dúplex 55cm 800 kg.man	0.001	6.13	0.01
4	h. Barredora remolcada c/motor aux	0.001	14.91	0.01
5	h. Cam.cist.bitum.c/lanza 10.000 l.	0.002	37.23	0.07
6	kg Emulsion asfáltica EAI	1.000	0.25	0.25
				0.42

Tabla 17. Coste t MBC AC-22

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Encargado	0.010	14.20	0.14
2	h. Oficial de primera	0.010	13.42	0.13
3	h. Peón ordinario	0.030	12.77	0.38
4	h. Pala carg.neumat. 85 CV/1.2m3	0.010	40.33	0.40
5	h. Pta.asfalt.caliente disc. 160 t/h	0.010	291.26	2.91
6	h. Camión basculante 4x4 14t.	0.010	36.65	0.37
7	h. Exten.asfal.cadenas 2.5/6m.110CV	0.010	79.08	0.79
8	h. Rodillo v.autop.tandem 10 t	0.010	38.96	0.39
9	h. Compact.asfalt.neum.aut 12/22t	0.010	60.18	0.60
10	h. Cisterna agua s/camión 10.000l	0.003	28.80	0.09
11	Kg. Fuel-oíl	8.000	0.39	3.12
12	t. Árido machaqueo 0/6 D.A <25	0.500	7.22	3.61
13	t. Árido machaqueo 6/12 D.A <25	0.250	7.22	1.81
14	t. Árido machaqueo 12/18 D.A <25	0.100	7.22	0.72
15	t. Árido machaqueo 18/25 D.A <25	0.100	7.22	0.72
				16.18

Tabla 18. Coste m2 Riego de adherencia

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Peón ordinario	0.002	12.77	0.03
2	h. Dumper convencional 2.000 Kg	0.001	6.13	0.01
3	h. Barredora remolcada c/motor aux	0.001	12.46	0.01
4	h. Cam.cist.bitum.c/lanza 10.000 l	0.001	37.23	0.04
5	Kg. Emulsión asfáltica EAR-0	0.500	0.18	0.09
				0.18

Tabla 19. Coste t MBC AC-16

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Encargado	0.010	14.20	0.14
2	h. Oficial de primera	0.010	13.42	0.13
3	h. Peón ordinario	0.030	12.77	0.38
4	h. Pala carg.neumat. 85 CV/1.2m3	0.010	40.33	0.40
5	h. Pta.asfalt.caliente disc. 160 t/h	0.010	291.26	2.91
6	h. Camión basculante 4x4 14t.	0.010	36.65	0.37
7	h. Exten.asfal.cadenas 2.5/6m.110CV	0.010	79.08	0.79
8	h. Rodillo v.autop.tandem 10 t	0.010	38.96	0.39
9	h. Compact.asfalt.neum.aut 12/22t	0.010	60.18	0.60
10	h. Cisterna agua s/camión 10.000l	0.003	28.80	0.09
11	Kg. Fuel-oíl	8.000	0.39	3.12
12	t. Árido machaqueo 0/6 D.A <20	0.550	7.22	3.97
13	t. Árido machaqueo 6/12 D.A <20	0.300	7.05	1.52
14	t. Árido machaqueo 12/18 D.A <20	0.100	5.05	0.51
				15.32

Tabla 20. Coste m de premarcaje

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Peón ordinario	0.002	12.77	0.03
2	h. Oficial de primera	0.002	13.42	0.03
3	h. Pintura marca vial alcidica	0.002	0.54	
				0.06

Tabla 21. Coste m Marca vial reflexiva

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Oficial primera	0.002	13.42	0.03
2	h. Peon ordinario	0.004	12.77	0.05
3	h. Dumper convencional 2.000 Kg	0.001	6.13	0.01
4	h. Barredora remolcada c/motor aux.	0.001	14.91	0.01
5	h. Equipo pintabanda autor. 22 l.	0.002	96.45	0.19
6	h. Pintura marca vial	0.108	5.90	0.64
7	t. Microesferas vidrio m.v.	0.072	0.82	0.06
				0.99

Tabla 22. Coste total

	Descripción	Cantidad	Precio	Total
1	Desbroce	3.000	0.98	2.940
2	Desmonte	8.500	4.98	42.330
3	Compactación	2.040	2.64	5.385
4	Base	400	16.01	6.404
5	Riego de imprimación	1.950	0.42	819
6	MBC AC-22	291	16.18	4.708
7	Riego de adherencia	1.920	0.18	345
8	MBC AC-16	193	15.32	2.957
9	Premarcaje	720	0.06	43
10	Marcas viales	720	0.99	713
				66.644

Tabla 23. Matriz multicriterio 2

Efectividad	Impacto Ambiental	Valoración Económica	Total
5	2	3	10

4.4.3 Solución 3

En esta solución vamos a buscar otra manera de evitar la curva de doble radio que como dijimos anteriormente era el principal problema del tramo, para ello en esta ocasión vamos a diseñar un trazado completamente alternativo. Conectaremos las curvas anteriores a las curvas problemáticas, es decir uniremos los pk 36+800 y 37+500 con una recta que cruzara por el medio de la montaña. Esta no es una solución fácil de llevar a cabo debido al gran desnivel respecto a la rasante de la carretera actual que se alcanza en el punto más alto de la montaña en la nueva

traza, hasta 30 metros y este desnivel hay que salvarlo en poco más de 250m. Es por ello que estamos obligados a llevar el tramo a los máximos excepcionales que la norma nos permita para así completar el tramo cumpliendo la norma.

La solución en planta pasa por desviarse del trazado actual en el pk 36+800 a través de una curva a derecha de radio 100, posteriormente recorreríamos una recta de 270 metros para llegar a la curva de radio 80 que nos devolvería al trazado actual. Esto se puede apreciar en el plano 1.3.1.

La dificultad viene cuando queremos trazar el alzado de nuestro tramo, el cual como se ha explicado anteriormente tiene que salvar un desnivel de 30 metros en algunas partes, para ello desde el arranque de ambas curvas, la de inicio y final del tramo, comenzamos a levantar la rasante con una pendiente del 8%, dicha pendiente es la máxima excepcional que permite la norma para una velocidad de 60 Km/h que es la velocidad específica del tramo. Esta pendiente se mantiene menos de 100 metro en cada uno de los sentidos por lo que entendemos no será un problema para los vehículos pesados que por aquí circulen. Ambas rasantes están unidas por un acuerdo convexo con kv 800 metros que nuevamente es el mínimo que nos exige la norma para una carretera de 60 Km/h. Aun con todo esto hay tramos en los que se generaran taludes de hasta 12 metros de desnivel. Todo esto se puede ver en el plano 1.3.2.

La manera de actuar es muy parecida a la solución 2 salvo que las mediciones son mucho mayores en este apartado.

En primer lugar, comenzaremos desbrozando sobre el nuevo eje (340m) y 10 metros a cada lado de este, lo que supone un total de 6800 m².

Después continuaremos con la partida más grande de este tramo, el desmonte. Hemos supuesto unos taludes 3:1 para asegurar su estabilidad, la cual creemos que será suficiente debido a que la zona está formada por roca en buen estado. Pero no descartamos que sea necesario escalonar el talud o incluso tomar medidas auxiliares para estabilizar el talud, lo que aumentaría los costes de dicho tramo. Para calcular el volumen de desmonte hemos considerado que la sección ha ido cambiando en función de la profundidad que se alcanzaba en cada momento a lo largo del nuevo eje (340 m) el volumen de desmonte será de 17850m³. También será necesario reponer un camino existente que da acceso a las fincas cercanas y que discurría por la nueva traza, para ello será necesario realizar una excavación de 7250 m³. En total será necesario un desmonte total de 25100 m³.

A continuación, compactaremos la traza para formar una explanada consistente, parte del material extraído en la excavación se utilizará para el relleno de los terraplenes en el inicio del tramo el cual también deberá ser compactado. Son 420 metros de tramo por una anchura de 8.5 metros hace un total de 3570 m².

Puesto que consideramos el mismo tráfico que en la solución 2 tendremos un tráfico pesado de unos 35 vehículos al día, al cual le corresponde un tráfico T41 y si nos fijamos en la tabla para este valor tenemos que colocar 20 cm de zahorra artificial y 10 cm de mezcla bituminosa. La mezcla bituminosa estará dividida en 6 centímetros de capa intermedia AC-22 y los 4 restantes para la capa de rodadura AC-16. Esto hace un total de 697 m³ de zahorra, 204 m³ de AC-22 que multiplicado por su densidad 2.49 hace un total de 509 t y por último 135 m³ de AC-16 que multiplicado por su densidad 2.49 hace un total de 336 t.

Entre la capa de zahorra y la mezcla bituminosa AC-22 se extenderá un riego de imprimación EAI con una dotación de 1Kg/m² para lograr una buena unión entre la capa granular y la bituminosa y así una mejor transmisión de las cargas entre estas. La superficie a la que se aplicará este riego será de 3427 m².

Entre la mezcla bituminosa AC-22 y la mezcla bituminosa AC-16 se extenderá un riego de adherencia EAR-0 con una dotación de 0.5Kg/m² para logra una buena unión entre ambas capas y así mejorar la adherencia. La superficie a la que se aplicará este riego será de 3389 m².

Por último, colocaremos las marcas viales que delimitara nuestra carretera, para ello utilizaremos pintura blanca reflexiva. Con previa marcación de dichas marcas. En total son 420 metros de nuevo tramo que multiplicado por 3 líneas hace un total de 1260 metros de línea.

Tabla 24. Coste m² Desbroce

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Capataz	0.008	13.62	0.11
2	h. Peón ordinario	0.008	12.77	0.10
3	h. Pala carg.cadenas 130 CV/1.8m ³	0.008	50.15	0.40
4	h. Camión basculante 4x4 14t	0.008	36.65	0.29
5	h. Motosierra gasolina l=40cm 1.8 CV	0.008	2.32	0.02
6	m ³ Canon de tierras a vertedero	0.2	0.31	0.06
				0.98

Tabla 25. Coste m² Desmonte terreno sin clasificar

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Capataz	0.010	13.62	0.14
2	h. Oficial de primera	0.020	13.42	0.27
3	h. Peón ordinario	0.020	12.77	0.26
4	h. Excav.hidr.cadenas 310 CV	0.010	88.55	0.89
5	h. V.P.martillo en fondo hydr. 150mm	0.010	217.17	2.17
6	Kg Goma-2 D=55 mm	0.015	3.34	0.05
7	Kg Nagolita a granel	0.035	1.23	0.04
8	Ud Detonador eléctrico	0.010	1.30	0.01
9	m. Hilo de conexión	0.150	0.11	0.02
10	m. Cordon detonante 12 gr	0.010	0.49	
11	h. Pala carg.neumat. 200 CV/3.7m ³	0.010	68.16	0.68
12	h. Camión basculante 6x4 20t.	0.010	38.83	0.39
13	m ³ Canon de tierras a vertedero	0.2	0.31	0.06
				4.98

Tabla 26. Coste m² Superficie compactada

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Peón ordinario	0.120	12.77	1.53
2	h. Cisterna agua s/camión 10.000 l.	0.015	28.80	0.43
3	h. Rodillo v.dúplex 55cm 800 kg.man	0.120	5.64	0.68
				2.64

Tabla 27. Coste m3 Base extendida

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Capataz	0.010	13.62	0.14
2	h. Peon ordinario	0.020	12.77	0.26
3	h. Motoniveladora de 200 CV	0.020	58.27	1.17
4	h. Rodillo vibr.autopr.mixto 15 t.	0.020	32.80	0.66
5	h. Cisterna agua s/camión 10.000 l.	0.020	28.80	0.58
6	h. Camión basculante 4x4 14 t.	0.010	36.65	0.37
7	t. Zahorra arti.husos. ZA(20)/ZA(25)	2.200	5.83	12.83
				16.01

Tabla 28. Coste m2 Riego de imprimación

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Peón ordinario	0.004	12.77	0.05
2	h. Cisterna agua s/camión 10.000 l.	0.001	28.80	0.03
3	h. Rodillo v.dúplex 55cm 800 kg.man	0.001	6.13	0.01
4	h. Barredora remolcada c/motor aux	0.001	14.91	0.01
5	h. Cam.cist.bitum.c/lanza 10.000 l.	0.002	37.23	0.07
6	kg Emulsion asfáltica EAI	1.000	0.25	0.25
				0.42

Tabla 29. Coste t MBC AC-22

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Encargado	0.010	14.20	0.14
2	h. Oficial de primera	0.010	13.42	0.13
3	h. Peón ordinario	0.030	12.77	0.38
4	h. Pala carg.neumat. 85 CV/1.2m3	0.010	40.33	0.40
5	h. Pta.asfalt.caliente disc. 160 t/h	0.010	291.26	2.91
6	h. Camión basculante 4x4 14t.	0.010	36.65	0.37
7	h. Exten.asfal.cadenas 2.5/6m.110CV	0.010	79.08	0.79
8	h. Rodillo v.autop.tandem 10 t	0.010	38.96	0.39
9	h. Compact.asfalt.neum.aut 12/22t	0.010	60.18	0.60
10	h. Cisterna agua s/camión 10.000l	0.003	28.80	0.09
11	Kg. Fuel-oíl	8.000	0.39	3.12
12	t. Árido machaqueo 0/6 D.A <25	0.500	7.22	3.61
13	t. Árido machaqueo 6/12 D.A <25	0.250	7.22	1.81
14	t. Árido machaqueo 12/18 D.A <25	0.100	7.22	0.72
15	t. Árido machaqueo 18/25 D.A <25	0.100	7.22	0.72
				16.18

Tabla 30. Coste m2 Riego de adherencia

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Peón ordinario	0.002	12.77	0.03
2	h. Dumper convencional 2.000 Kg	0.001	6.13	0.01
3	h. Barredora remolcada c/motor aux	0.001	12.46	0.01
4	h. Cam.cist.bitum.c/lanza 10.000 l	0.001	37.23	0.04
5	Kg. Emulsión asfáltica EAR-0	0.500	0.18	0.09
				0.18

Tabla 31. Coste t MBC AC-16

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Encargado	0.010	14.20	0.14
2	h. Oficial de primera	0.010	13.42	0.13
3	h. Peón ordinario	0.030	12.77	0.38
4	h. Pala carg.neumat. 85 CV/1.2m3	0.010	40.33	0.40
5	h. Pta.asfalt.caliente disc. 160 t/h	0.010	291.26	2.91
6	h. Camión basculante 4x4 14t.	0.010	36.65	0.37
7	h. Exten.asfal.cadenas 2.5/6m.110CV	0.010	79.08	0.79
8	h. Rodillo v.autop.tandem 10 t	0.010	38.96	0.39
9	h. Compact.asfalt.neum.aut 12/22t	0.010	60.18	0.60
10	h. Cisterna agua s/camión 10.000l	0.003	28.80	0.09
11	Kg. Fuel-oíl	8.000	0.39	3.12
12	t. Árido machaqueo 0/6 D.A <20	0.550	7.22	3.97
13	t. Árido machaqueo 6/12 D.A <20	0.300	7.05	1.52
14	t. Árido machaqueo 12/18 D.A <20	0.100	5.05	0.51
				15.32

Tabla 32. Coste m de premarcaje

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Peón ordinario	0.002	12.77	0.03
2	h. Oficial de primera	0.002	13.42	0.03
3	h. Pintura marca vial alcidica	0.002	0.54	
				0.06

Tabla 33. Coste m Marca vial reflexiva

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Oficial primera	0.002	13.42	0.03
2	h. Peon ordinario	0.004	12.77	0.05
3	h. Dumper convencional 2.000 Kg	0.001	6.13	0.01
4	h. Barredora remolcada c/motor aux.	0.001	14.91	0.01
5	h. Equipo pintabanda autor. 22 l.	0.002	96.45	0.19
6	h. Pintura marca vial	0.108	5.90	0.64
7	t. Microesferas vidrio m.v.	0.072	0.82	0.06
				0.99

Tabla 34. Coste total

	Descripción	Cantidad	Precio	Total
1	Desbroce	6.800	0.98	6.664
2	Desmonte	25.100	4.98	124.998
3	Compactación	3.570	2.64	9.424
4	Base	697	16.01	11.158
5	Riego de imprimación	3.427	0.42	1.439
6	MBC AC-22	509	16.18	8.235
7	Riego de adherencia	3.389	0.18	610
8	MBC AC-16	336	15.32	5.147
9	Premarcaje	1.260	0.06	75
10	Marcas viales	1.260	0.99	1.247
				168.997



Tabla 35. Matriz multicriterio 3

Efectividad	Impacto Ambiental	Valoración Económica	Total
5	1	1	7

5 CARRETERA EX-386 (KM 19)

N-V a Castañar de Ibor por Deleitosa	
Identificador	EX-386
Inicio	N-V
Fin	EX-118 (Castañar de Ibor)
Longitud	35.200 m

Red de Carreteras de la Junta de Extremadura

Imagen 5-1. Carretera EX-386

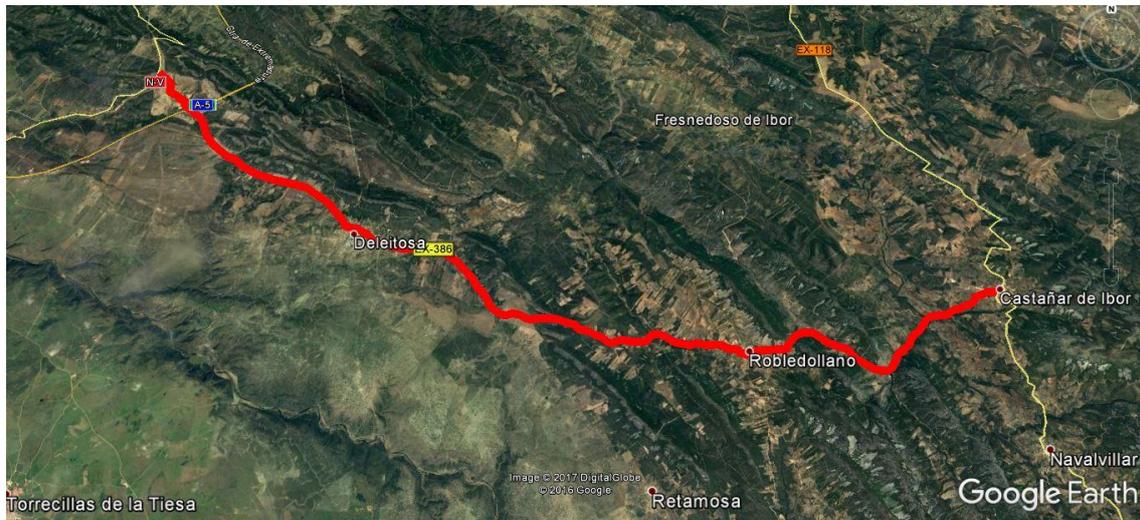


Imagen 5-2. Ubicación EX-386 (Fuente Google Earth)

La carretera EX-386 es de titularidad de la Junta de Extremadura. Su categoría es local y discurre desde la antigua nacional V hasta Castañar de Ibor. Pasando por Deleitosa y Robledollano. Tiene una longitud de 35,200 km.

5.1 Ubicación

El punto de estudio está ubicado en la carretera EX-386 y comprende desde el pk 19+700 hasta el pk 19+800, está situado entre las localidades de Deleitosa y Robledollano, más cercano a este último. La carretera discurre dirección este, desde la antigua nacional V hasta el término municipal de Castañar de Ibor, conectando con la carretera EX-118. Como se puede ver en la (Imagen 5-3) la carretera de estudio está ubicada al noreste de la comunidad autónoma de Extremadura, en la provincia de Cáceres y es considerada local por la junta de Extremadura ya que une localidades de menos de 2000 habitantes. Como se puede ver en la (Imagen 5-4) la carretera tiene dos tramos, el primero hasta Deleitosa donde la carretera es relativamente recta y en los que la carretera discurre a los pies de una pequeña sierra de 700 metros de altura aproximadamente, y un segundo tramo a partir del pk 17+000 donde la carretera se adentra en un terreno más montañoso (Imagen 5-6), con un trazado más sinuoso y peores condiciones. Por último, podemos ver en la (Imagen 5-5) el punto exacto de estudio, el pk 19+700 – 19+800, a simple vista no se aprecia que el tramo pueda ser peligroso o que presente curvas de pequeño radio o acumulación de accesos. Posteriormente se estudiará la problemática de este punto.



Imagen 5-3. Ubicación EX-386 altura del ojo 500 Km (Fuente Google Earth)

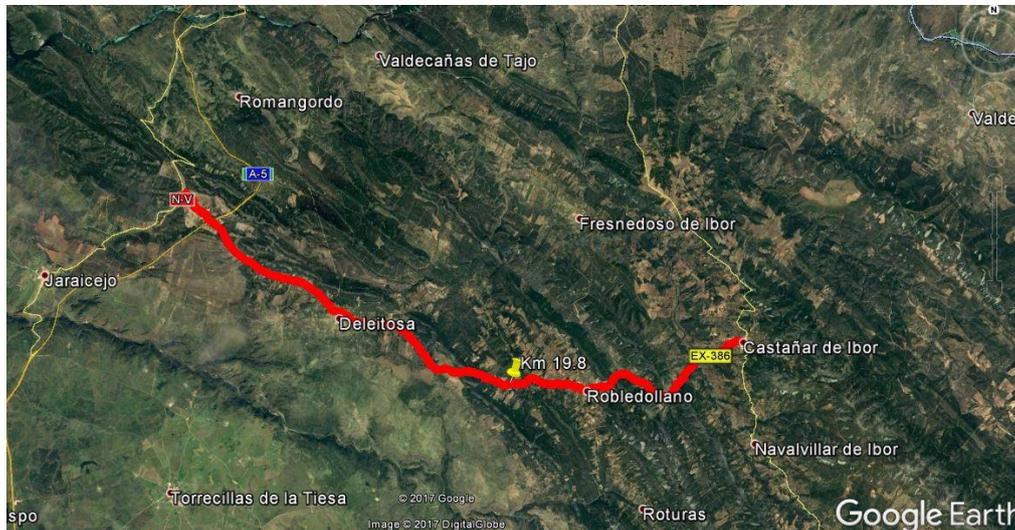


Imagen 5-4. Ubicación EX-386 altura del ojo 50 Km (Fuente Google Earth)



Imagen 5-5. Ubicación Ex-386 altura del ojo 1 Km (Fuente Google Earth)



Imagen 5-6. Señal Carretera de montaña (Fuente Google Maps)

5.2 Datos

La Ex-368 es una carretera convencional de dominio y uso público. Dispone de una calzada con un carril para cada sentido. Los carriles son de 3 m de ancho mientras que los arcenes son de 0.5.

El punto a estudiar es el correspondiente al pk 19+800 en el cual podemos observar un tramo no muy revirado con una pendiente del 5% en el sentido ascendente de los pk.

- Del firme se puede decir que estructuralmente se encuentra en buen estado, esto se debe a que el tráfico de pesados es escaso y a que la carretera fue remodelada en el 2010. En el tramo de estudio se ha realizado un tratamiento superficial para aumentar el CRT pero como se puede apreciar en la Imagen 5-11 no se encuentra en buen estado y no ha conseguido radicar el problema. Como pudimos apreciar in situ las zonas donde la capa superficial se encontraba en mejor estado si tenía mayor agarre, pero entendemos que no es suficiente.
- Respecto al trazado como se ha dicho anteriormente, nos encontramos en una carretera de montaña con una velocidad específica de 70 Km/h, pese a ello este tramo no está compuesto por curvas de radios excesivamente pequeños. Su diseño geométrico se puede ver con detalle en la Tabla 36. De este diseño podemos descartar como posible punto más peligroso la primera curva a izquierda de radio 100m en el pk 19+400 ya que le precede una recta de 800 metros y se encuentra en pendiente del 5%, pero curiosamente aquí no se produce ningún accidente. Los accidentes se producen en las curvas de radio 310m pk 19+700 y la de radio 160m pk 19+800 ambas curvas tienen un peralte del 7%. Posteriormente analizaremos si estos radios cumplen con la normativa y veremos si influyen en la accidentalidad o si el motivo es otro.
- La señalización que podemos apreciar en la zona está compuesta por señales p14-b acompañadas de un cartel que indica la duración del peligro (Imagen 5-7) en los pk 18+350 para el sentido ascendente y en el pk 20+500 para el sentido descendente. También existen señales p34 acompañada de cartel que indica la duración (Imagen 5-8) en el pk 18+400 para el sentido ascendente y en el pk 20+100 para el sentido descendente. Por último, hay colocados paneles direccionales a lo largo de todo el tramo de estudio como se puede apreciar en la Imagen 5-9, Imagen 5-10, Imagen 5-11. Estas señales han sido colocadas después de la remodelación de 2010, exactamente cuando se realizó el tratamiento superficial, por lo que podemos observar un intento por parte de la Junta de Extremadura por solucionar el problema. Esta señalización se encuentra en perfecto estado así que más adelante estudiaremos si están bien ubicadas o si se puede reforzar su presencia de algún modo.

- En el punto de estudio también existen dos accesos situados en el pk 19+780 y en el 19+800 posteriormente veremos si tienen alguna influencia.
- Por último, cabe destacar que este tramo tiene un sobre ancho en el margen derecho como se puede ver en la (Imagen 5-9) esto se debe a que en este tramo existe un desmonte bastante elevado y los desprendimientos son continuos. Por último hay que destacar que el tramo a estudiar se encuentra al norte de dicho desmonte, esto hace que el propio desmonte proyecte su sombra sobre la carretera y en invierno solo unas horas al atardecer la carretera recibe la luz del sol, esto unido a que en las proximidades cruza un río, lo que aumenta la humedad y teniendo en cuenta que en invierno las temperaturas llegan a alcanzar los seis grados bajo cero, hace común la aparición de placas de hielo así como su permanencia durante algunos días.

Tabla 36. Diseño trazado (tramo 2)

Elemento	Radio	Longitu	P.K. Inicial	P.K. Final
Recta		800	18+600	19+400
Curva	-100	110	19+400	19+510
Recta		20	19+510	19+530
Curva	120	85	19+530	19+615
Recta		25	19+615	19+640
Curva	-290	100	19+640	19+740
Recta		25	19+740	19+765
Curva	200	115	19+765	19+920
Recta		55	19+920	19+975
Curva	-140	100	19+975	20+075
Recta		300	20+075	20+375



Imagen 5-7. Señal p14-b (Fuente Google Maps)



Imagen 5-8. Señal p34 (Fuente Google Maps)



Imagen 5-9. Primer tramo curva a derecha (sentido ascendente)



Imagen 5-10. Segundo tramo ligera curva a izquierdas (sentido ascendente)



Imagen 5-11. Último tramo curva a izquierda (sentido descendente)

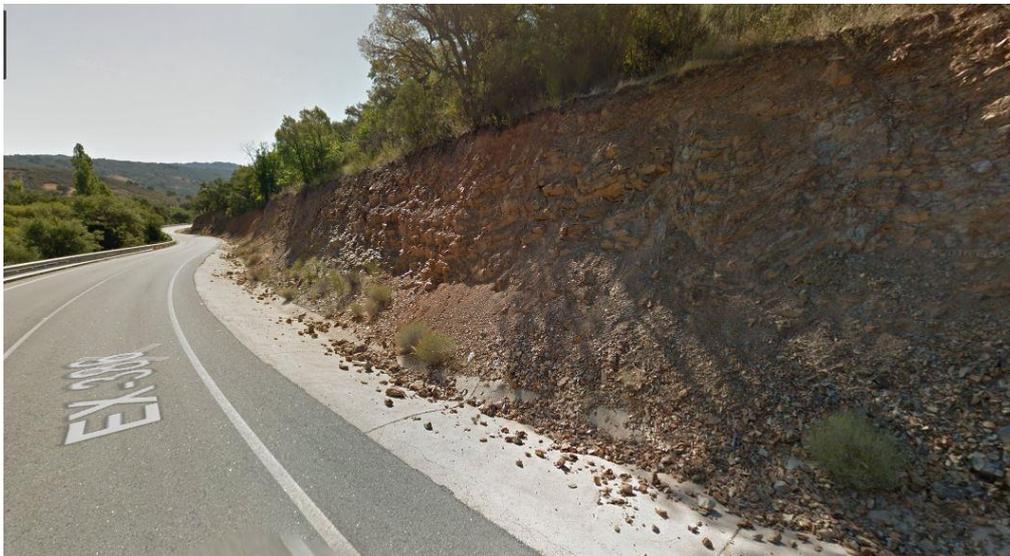


Imagen 5-12. Altura talud desmonte (Fuente Google Maps)

5.2.1 IMD

Al igual que hicimos en el primer tramo de estudio, en este segundo vamos a observar las imd de los últimos años para hacernos una idea de la cantidad de tráfico y de su composición, así como su evolución en el tiempo. Para ello nos ayudaremos de la aplicación Afoex de la Junta de Extremadura.

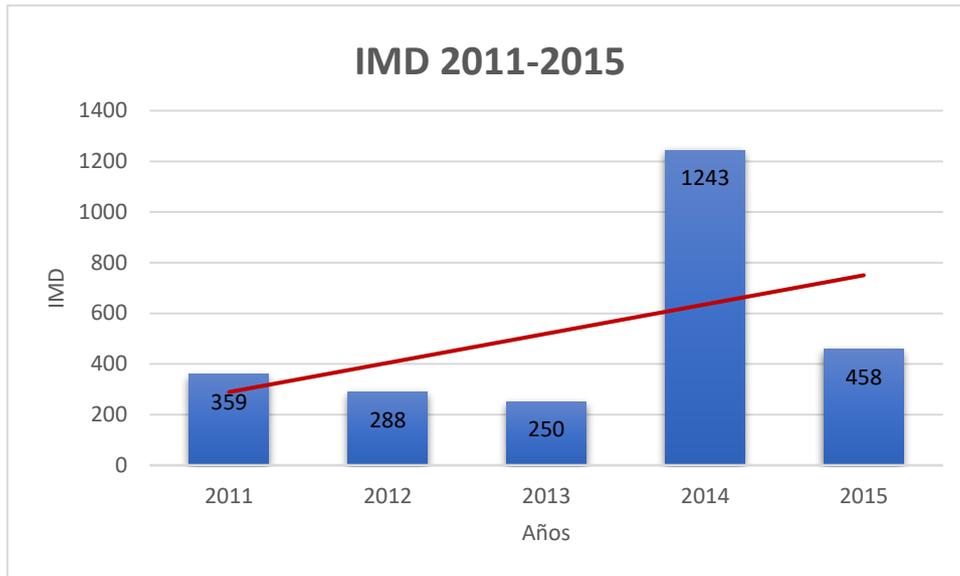


Imagen 5-13. IMD 2011-2015 (Fuente: Aplicación Afoex Junta de Extremadura)

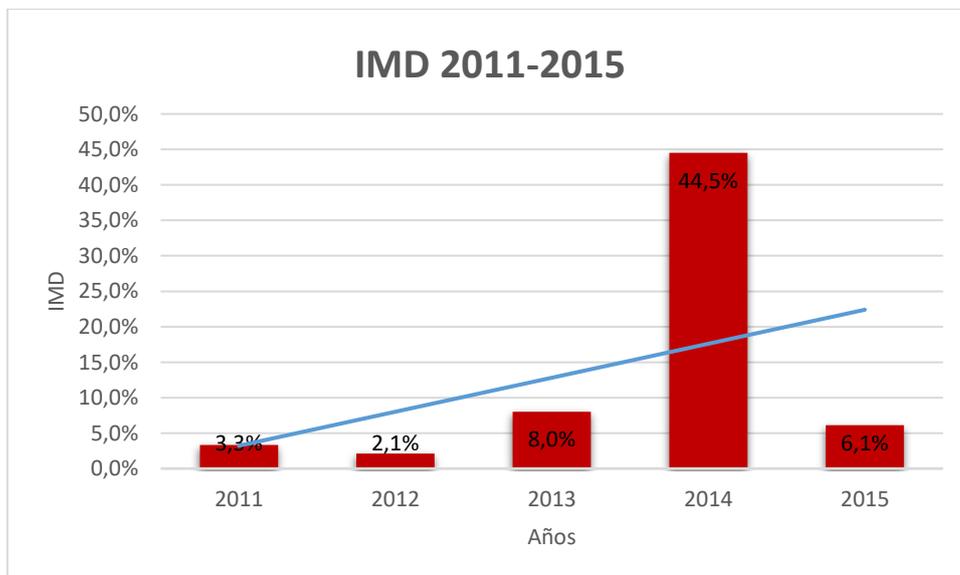


Imagen 5-14. % pesados periodo 2011-2015 (Fuente: Aplicación Afoex Junta Extremadrua)

Los datos están tomados por la estación CC-6403 en el PK 17+000. Como se puede apreciar en la (Imagen 5-13) la tendencia es al alza. Posiblemente sea un efecto secundario a la crisis del 2008 y de la que poco a poco nos vamos recuperando. También podemos apreciar que en el año 2014 hay un dato demasiado elevado para la media del resto de años que está en torno a 400 vehículos/ día mientras en el 2014 se llegaron a 1243. No sabemos si este dato es un error a la hora de medir o por el contrario ese año hubo algún tipo de actividad especial que aumentó el número de vehículos que transitaban por este tramo, lo que está claro es que el dato de 2014 no es representativo. Como se puede ver el tráfico de esta carretera es prácticamente nulo ya que es una carretera que conecta pueblos pequeños, más motivo aun para estudiar el alto grado de accidentabilidad que tiene.

Por otro lado, podemos observar en la (Imagen 5-14) como el número de pesados ha aumentado ligeramente desde el 2011 pero se puede considerar que el aumento es nulo. También podemos observar que al igual que en la IMD en el % de pesado el año 2014 presenta

un dato extremadamente elevado comparándolo con el resto de años por lo que no lo tendremos en cuenta. Es posible que para este año hubiera un tránsito de pesados excepcional por alguna obra o evento especial que origino el aumento del % de pesado y por consiguiente de la IMD del tramo. Nada importante para nuestro estudio en el cual desecharemos este año para los cálculos.

5.2.2 Accidentabilidad

A continuación, vamos a estudiar los accidentes ocurridos en este tramo desde el año 2012 hasta el año 2015, los datos han sido facilitados por la Junta de Extremadura, sección de conservación de carreteras en la Tabla 37 se puede ver la fecha del accidente, el sentido de la marcha, el pk exacto, el tipo de accidente y las consecuencias del accidente.

Tabla 37. Accidentes EX-386 Pk 19

EX-118							
Fecha	Sentido	Km	Hm	Tipo	muertos	H graves	H leves
06/12/2012	Descendente	19	7	Salida de vía por la derecha con vuelco	0	2	0
14/02/2013	Ascendente	19	8	Salida de vía por la derecha	0	0	0
27/01/2014	Ascendente	19	8	Salida vía por la derecha	0	0	0
19/10/2014	Ascendente	19	7	Salida de vía por la izquierda	0	1	2
26/12/2014	Ascendente	19	8	Salida de vía por la izquierda	0	0	2
15/01/2015	Descendente	19	7	Salida de vía por la derecha	0	1	0
16/11/2015	Ascendente	19	8	Salida de vía por la izquierda	0	0	1
Totales					0	4	5

Si estudiamos los datos de la tabla anterior se ve que existe una diferencia en el número de accidentes según la dirección de la marcha para que se vea más claro, hemos realizado la (Tabla 38). En ella apreciamos que hay 5 accidentes en sentido ascendente (dirección Castañar de ibor) y 2 accidentes en sentido descendente (dirección Deleitosa). Esto se puede deber a que la carretera tiene una pendiente pronunciada del 5% en el sentido ascendente de los pk, lo que se traduce en mayores velocidades de los conductores. También podemos observar en la (Imagen 5-15) que existe una gran diferencia entre los vehículos que se salen hacia el interior de la curva y los que se salen hacia el exterior de la curva, esta diferencia es 2-5 respectivamente. Por lo que probablemente las condiciones climáticas unidas a la velocidad elevada tengan algo que ver.

Tabla 38. Sentido de la marcha

Sentido	Ascendente	Descendente
Total	5	2



Imagen 5-15. Salidas de vía pk 19 (elaboración propia)

5.2.2.1 ÍNDICE DE PELIGROSIDAD

El índice de peligrosidad es una medida de la tasa de siniestralidad del tramo de carretera en estudio. Esta tasa compara el número de accidentes, el tráfico en un periodo de tiempo (cuanto mayor sea el periodo de estudio mejor serán los resultados) y la longitud del tramo de estudio. La fórmula a aplicar sería la siguiente.

$$I.P. = \frac{(N \text{ Accidentes})}{(\sum IMD) * (365) * (L \text{ tramo (km)}) * (10^6)}$$

Tabla 39. Accidentes con víctimas

Número de accidentes con víctimas	Muertos	Heridos Graves	Heridos Leves
5	0	4	5

El número de accidentes con víctimas se refleja en la Tabla 39, en ella podemos ver que el total de accidentes para el periodo de estudio es igual a cinco. En el denominador de nuestra ecuación tenemos el sumatorio de iMD que vimos en la Imagen 5-13, y como ya se mencionó anteriormente se ha excluido el dato de la IMD que daba valores elevados y se ha sustituido por la media de los otros cuatro años ya que el periodo de estudio es de 5 años y los accidentes se han producido en este periodo. En nuestro caso los datos son (359+288+250+458+339) por último la longitud del tramo es de 0.1 km.

Para estos valores sale un índice de peligrosidad de **80.86** como ya ocurriera en el tramo de estudio 1 sale un valor muy elevado esto se debe a la escasa IMD que recorre nuestro tramo de estudio. Pero no por el hecho de que sean pocos los vehículos que pasan por dicho tramo hay que obviar el problema que se nos presenta.

5.3 Análisis de la problemática

En este apartado se estudiarán los datos presentados en el punto 5.2 donde se nos ofrecía toda la información disponible del tramo en estudio y a través de los cuales analizaremos cual es el problema y posteriormente se propondrán las soluciones más adecuadas a dichos problemas.

En este tramo nos encontramos con un problema que combina diversos factores como son el factor infraestructura, el factor humano y el factor entorno por lo que las medidas que se propondrán irán destinadas a corregir problemas con la vegetación, con los conductores y con el firme de la carretera.

5.3.1 Análisis de los datos

A continuación, vamos a analizar los datos que se presentaron en el punto 5.2 para ver que posibles aspectos están fallando y encontrar posibles soluciones.

- Si atendemos al firme podemos observar que se ha realizado un tratamiento superficial para aumentar el coeficiente de rozamiento transversal pero este tratamiento con el paso del tiempo se ha pelado y actualmente no se encuentra en buen estado. Aunque la teoría nos dice que ante el hielo debemos aumentar el coeficiente de rozamiento esto en la práctica no es del todo efectivo dependiendo de cómo se lleve a cabo. Si se realiza con un tratamiento de micro aglomerado no será muy efectivo debido a que este micro aglomerado lo que hará será retener el agua entre su textura rugosa y esta agua parada lo que hará cuando la temperatura descienda será congelarse por lo que en lugar de ayudar está perjudicando y el segundo problema de esto se debe a que una vez que el agua se ha congelado aumenta su volumen y rompe este micro aglomerado que seguramente sea lo que ha ocurrido en este tramo por lo que en nuestro caso recomendamos es usar un firme de calidad que por si solo tenga un buen agarre y no necesite de micro aglomerados.
- Si nos fijamos en el trazado no se cumple la norma para curvas consecutivas con rectas de longitud limitada, pero esto ocurre solamente en la primera curva que encontramos en el pk 19+400 que a su vez era la curva de radio reducido después de una larga recta en pendiente descendente. Pero como en este punto no se produce ningún accidente hemos optado por no tocarlo ya que funciona correctamente. Si nos fijamos en el trazado desde el pk 19+640 hasta el 19+920 que es donde tienen lugar los accidentes vemos que este punto cumple con la norma en cuanto a curvas consecutivas con rectas de longitud limitada para ambos sentidos.

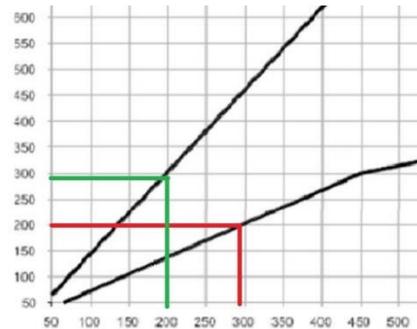


Imagen 5-16. Curvas consecutivas unidas con recta de longitud limitada

Si nos fijamos en el peralte en el peralte la norma nos dice que para carreteras del grupo 3 cuando $50 \leq R \leq 350$ el peralte tiene que ser del 7% que es el valor que nos encontramos por lo que el trazado es correcto en nuestro tramo.

- Si atendemos a las señales vemos que señalizan correctamente la presencia de hielo, pero creemos que su ubicación no es la más acertada ya que están ubicadas a más de 1 km del lugar donde realmente se encuentra el hielo, así que creemos que estas señales serían más efectivas si se ubicaran en una zona más próxima a la zona de peligro e incluso sería interesante llamar la atención del conductor de algún modo para que no omita la información de la señal.
- Como se dijo en los datos existen dos accesos a la carretera en el tramo de estudio, pero ambos accesos tienen poco tránsito y además no guarda ninguna relación con el principal problema que presenta este tramo que es el hielo, por lo que los omitiremos en el estudio.
- Por último, prestamos atención al desmonte que existe en el margen derecho, este desmonte como ya se dijo es de mucha altura y proyecta su sombra sobre la carretera durante gran parte del día lo que impide que el hielo se derrita y agrava la situación. También a los pies de este desmonte existe una cuneta que podríamos considerar de seguridad en parte del tramo, esto es interesante porque si un vehículo pierde el control a causa del hielo y se va hacia el interior de la curva podría recuperar el control gracias a la cuneta, pero esta cuneta solo está en parte del tramo y justo en el punto donde hay dos accidentes hacia el interior de la curva la cuneta no dispone de hormigón.

5.4 Propuesta y valoración de las soluciones

En este apartado vamos a buscar soluciones para los problemas anteriormente detectados y vamos a proceder a valorarlos para cuantificar sus beneficios y poder decantarnos por uno u otro.

El principal problema que nos encontramos en este tramo y el causante de todos los accidentes que se originan en él, es el hielo. En esta zona como se ha explicado anteriormente la temperatura en invierno es muy baja y eso unido a la humedad que existe en la zona por la proximidad de un arroyo hace que se generen placas de hielo y que estas duren todo el día.

Por lo tanto, las medidas que se van a adoptar en este apartado estarán destinadas a evitar que las placas de hielo duren todo el día, evitar que se formen dichas placas de hielo y avisar a los conductores de la existencia de las placas de hielo.

Problemas y objetivos	
Problema	Objetivo
2. Debido a la existencia de una densa vegetación en lo alto del desmonte en la zona con riesgo de hielo da la sombra durante la mayor parte del día.	Desbrozar la vegetación en la cabeza del talud y desmontar parte de este para que la cresta no sea tan alta.
3. Pese a que el firme se encuentra en buen estado estructuralmente, tiene problemas en el agarre debido al desgaste del refuerzo que en su momento se usó para dotar de mayor rozamiento a la carretera	Cambiar la capa de rodadura actual por una que su árido aporte mayor rozamiento y ayude a evacuar el agua que se pueda quedar en la carretera.
4. Existe una zona que dispone de cuneta de hormigón, pero solo en parte del tramo en estudio, la otra parte del tramo tiene una cuneta de tierra y rocas lo que impide que si un conductor pierde el control del vehículo pueda recuperarlo	Prolongar la cuenta de hormigón a lo largo del tramo afectado por el hielo y además construirá le seguridad para así poder recuperar el control del vehículo si se diera el caso.
5. Las ubicaciones de las señales de peligro por hielo están demasiado lejos de donde realmente se encuentra el peligro por hielo.	Ubicar las señales en el lugar donde realmente sean necesarias y ayuden a los conductores a percibir el riesgo por la presencia de hielo.

Entendemos que todas las soluciones que se van a presentar son recomendables para su introducción y todas ayudarían a aumentar la seguridad del tramo pero por objetivos del trabajo se elegirá la mejor solución ayudándonos del análisis multicriterio para valorar las soluciones.

Para el análisis multicriterio vamos a estudiar 3 aspectos de cada una de las soluciones.

- Efectividad de la solución. Se valorará como de efectiva es la propuesta frente a la problemática y cuanto se espera que reduzca la misma.
- Impacto medioambiental. Se valorará como incide tanto positiva como negativamente la propuesta en el medioambiente.
- Económica. Se realizará un estudio del coste necesario para llevar a cabo las soluciones presentadas en este apartado.

Las puntuaciones para cada parámetro serán las siguientes.

EXCELENTE:	5 puntos
BUENA:	4 puntos
NORMAL:	3 puntos
MALA:	2 puntos
DESASTROSA:	1 punto

5.4.1 Problema 1

Como ya se ha explicado en repetidas ocasiones el talud de desmorte proyecta su sobra sobre la carretera y esto unido a la vegetación que lo corona hace que haya días en los que el sol no incida sobre la carretera.

Es por ello que la solución pasa por desbrozar la coronación del talud para ello se desbrozaran cinco metros desde la cabeza del talud a lo largo del tramo lo que hacen un total de 2550 m² de suelo desbrozado. La zona desbrozada se puede ver en el plano 2.1. Posteriormente se desmontará un metro hacia adentro del talud de desmorte consiguiendo así en primer lugar retranquear el talud consiguiendo que la sobra no se proyecte sobre la carretera y en segundo lugar conseguir que la inclinación del desmorte sea menor y evitar los continuos desprendimientos que tienen lugar en este tramo.

Por lo tanto, el talud original es 1:4 pasará a ser un 1:2 convirtiéndose en un talud mucho más seguro, esta acción supondrá excavar 600 m³ de roca y transportarla a su correspondiente vertedero.

Tabla 40. Coste m² desbroce de bosque

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1 h.	Capataz	0.008	13.62	0.11
2 h.	Peón ordinario	0.008	12.77	0.10
3 h.	Pala carg.cadenas 130 CV/1.8m ³	0.008	50.15	0.40
4 h.	Camión basculante 4x4 14t	0.008	36.65	0.29
5 h.	Motosierra gasolina l=40cm 1.8 CV	0.008	2.32	0.02
6 m ³	Canon de tierras a vertedero	0.2	0.31	0.06
				0.98

Tabla 41. Coste m³ desmorte terreno sin clasificar

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1 h.	Capataz	0.010	13.62	0.14
2 h.	Oficial de primera	0.020	13.42	0.27
3 h.	Peón ordinario	0.020	12.77	0.26
4 h.	Excav.hidr.cadenas 310 CV	0.010	88.55	0.89
5 h.	V.P.martillo en fondo hidr. 150mm	0.010	217.17	2.17
6 Kg	Goma-2 D=55 mm	0.015	3.34	0.05
7 Kg	Nagolita a granel	0.035	1.23	0.04
8 Ud	Detonador eléctrico	0.010	1.30	0.01
9 m.	Hilo de conexión	0.150	0.11	0.02
10 m.	Cordon detonante 12 gr	0.010	0.49	
11 h.	Pala carg.neumat. 200 CV/3.7m ³	0.010	68.16	0.68
12 h.	Camión basculante 6x4 20t.	0.010	38.83	0.39
13 m ³	Canon de tierras a vertedero	0.2	0.31	0.06
				4.98

Tabla 42. Coste total

Descripción	Cantidad	Precio	Total
1 Desbroce	1500	0.98	1.470
2 Desmorte	600	4.98	2.988
			4.458

Tabla 43. Matriz multicriterio 1

Efectividad	Impacto Ambiental	Valoración Económica	Total
4	3	4	11

5.4.2 Problema 2

Como hemos visto anteriormente en este tramo se utilizó un micro aglomerado para dotar de mayor textura al pavimento y evitar los problemas con el hielo. El problema que tiene esta solución es que el propio hielo al congelarse se expande y rompe el micro aglomerado dejando el pavimento liso y siendo más peligroso como se puede ver en la Imagen 5-11.

Es por ello que nuestra decisión en primer lugar será fresar 5 cm de la capa superior del firme para sanearlo, esto comprendería el micro aglomerado y la capa de rodadura. Para ello usaremos una fresadora en frío de 155 KW.

En segundo lugar, hemos optado por extender una capa de 5 cm AC-22, la cual es una capa con un árido más grueso que se suele usar en capas intermedias, pero para nuestro caso nos aporta el agarre que necesitamos y debido al escaso tráfico del tramo no tendríamos ningún problema. De esta manera estaríamos dotando al tramo con un buen firme, resistente, a través del cual el agua se evacuaría rápidamente hacia las cunetas y el agua que pudiera quedarse entre el árido no causaría los daños que generaba al micro aglomerado, ya que los huecos son más grandes.

Para el cálculo de la MBC hemos considerado la densidad que nos dice el fabricante de 2484 Kg/m³, considerando que extendemos una anchura de 7, una longitud de 280 metros y un espesor de 5 cm.

Por último, hay que tener en cuenta que la capa existente y la nueva capa tienen que ir unidas mediante un riego de adherencia el cual se extenderá también con una anchura de 7 metros y una longitud de 280 metros con una dotación de 0.50Kg/m². La sección transversal se puede ver en el plano 2.2.

Tabla 44. Coste m² Fresado

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Capataz	0.054	16.13	0.87
2	h. Peón ordinario	0.054	12.77	0.69
3	h. Fresadora en frío 155 KW	0.022	203.81	4.48
4	h. Barredora remolcada c/motor aux	0.022	12.46	0.27
5	h. Dumper de descarga frontal 1.5t	0.022	5.31	0.12
				6.43

Tabla 45. Coste m² Riego adherencia

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Peón ordinario	0.002	12.77	0.03
2	h. Dumper convencional 2.000 Kg	0.001	6.13	0.01
3	h. Barredora remolcada c/motor aux	0.001	12.46	0.01
4	h. Cam.cist.bitum.c/lanza 10.000 l	0.001	37.23	0.04
5	Kg. Emulsión asfáltica EAR-0	0.500	0.18	0.09
				0.18

Tabla 46. Coste t MBC AC-22

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Encargado	0.010	14.20	0.14
2	h. Oficial de primera	0.010	13.42	0.13
3	h. Peón ordinario	0.030	12.77	0.38
4	h. Pala carg.neumat. 85 CV/1.2m3	0.010	40.33	0.40
5	h. Pta.asfalt.caliente disc. 160 t/h	0.010	291.26	2.91
6	h. Camión basculante 4x4 14t.	0.010	36.65	0.37
7	h. Exten.asfal.cadenas 2.5/6m.110CV	0.010	79.08	0.79
8	h. Rodillo v.autop.tandem 10 t	0.010	38.96	0.39
9	h. Compact.asfalt.neum.aut 12/22t	0.010	60.18	0.60
10	h. Cisterna agua s/camión 10.000l	0.003	28.80	0.09
11	Kg. Fuel-oíl	8.000	0.39	3.12
12	t. Árido machaqueo 0/6 D.A <25	0.500	7.22	3.61
13	t. Árido machaqueo 6/12 D.A <25	0.250	7.22	1.81
14	t. Árido machaqueo 12/18 D.A <25	0.100	7.22	0.72
15	t. Árido machaqueo 18/25 D.A <25	0.100	7.22	0.72
				16.18

Tabla 47. Coste total

	Descripción	Cantidad	Precio	Total
1	Fresado	1.960	6.43	12.602,8
2	Extendido	98	16.18	1.585,64
3	Ligante	1.960	0.18	356,4
				14.544.84

Tabla 48. Matriz multicriterio 2

Efectividad	Impacto Ambiental	Valoración Económica	Total
4	4	3	11

5.4.3 Problema 3

Nos hemos fijado que parte del tramo tiene en el margen derecho una cuneta de seguridad de hormigón como se puede ver en la Imagen 5-9, esto es algo bueno ya que si un conductor pierde el control del vehículo y se va hacia la cuneta aquí tiene un par de metros auxiliares para recuperar el control y volver a la carretera o detener el vehículo. Pero existe un problema, y es que solo parte de la cuneta se encuentra en hormigón, exactamente 230 m de los 280 que comprende el tramo.

Si nos fijamos en los datos varios accidentes había ocurrido hacia el interior de la curva y justo en los tramos donde no existe cuneta de seguridad, con esta medida se espera que estos accidentes se puedan evitar en un futuro. La sección transversal se puede ver en el plano 2.2.

Puesto que la cuneta de tierra actual tiene el mismo ancho y forma que la cuneta de seguridad solo será necesario el revestimiento de hormigo para el cual se utilizará un espesor de 10 cm a lo largo de los 50 metros restante. La ubicación de la cuneta se puede ver en el plano 2.3.

Tabla 49. Coste m3 hormigón en masa

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Oficial de primera	0.600	13.42	8.05
2	h. Peón ordinario	0.600	12.77	7.66
3	m3 Horm.elem no resist HM-15/B/16	1.060	50.64	53.68
4	h. Vibrador hormigón gasolina 75 mm	0.600	2.43	1.46
				70.85

Tabla 50. Coste total

Descripción	Cantidad	Precio	Total
1 Hormigón	25	70.85	1771.25

Tabla 51. Matriz multicriterio 3

Efectividad	Impacto Ambiental	Valoración Económica	Total
2	3	4	9

5.4.4 Problema 4

Realizando el estudio nos hemos dado cuenta de que las señales que indican la presencia de hielo están demasiado lejos de la ubicación del hielo por lo que entendemos los conductores cuando ven la señales extreman la precaución y pasado un tiempo se olvidan de la señal, es por ello que entendamos que la solución para este problema pasa por colocar señales p-34 allá donde realmente este el peligro.

En nuestro caso vamos a colocar dos señales de peligro p-34 sobre un fondo amarillo fluorescente para remarcar el peligro, en los pk 19+500 para el sentido ascendente y 20+000 para el sentido descendente. La ubicación de las señales se puede ver en el plano 2.4.

Tabla 52. Coste señal p-34 reflexiva

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Capataz	0.180	13.62	2.45
2	h. Oficial segunda	0.360	13.23	4.76
3	h. Peon ordinario	0.360	12.77	4.60
4	h. Ahoyadora	0.180	25.06	4.51
5	Ud Señal cuadrada réflex.	1	219.58	219.58
6	m. Poste galvanizado 100x50x3 mm	4	35.03	140.12
7	M3 Hormigón HM-15/P/20	0.180	79.91	14.38
				390.40



Tabla 53. Coste total

	Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	ud	Señal cuadrada refl. 900*900	2	390.40	765.8

Tabla 54. Matriz multicriterio 4

Efectividad	Impacto Ambiental	Valoración Económica	Total
2	2	5	9

6 CARRETERA EX-386 (TRAMO KM 2-19)

N-V a Castañar de Ibor por Deleitosa	
Identificador	EX-386
Inicio	N-V
Fin	EX-118 (Castañar de Ibor)
Longitud	35.200 m
Red de Carreteras de la Junta de Extremadura	

Imagen 6-1. Carretera EX-386

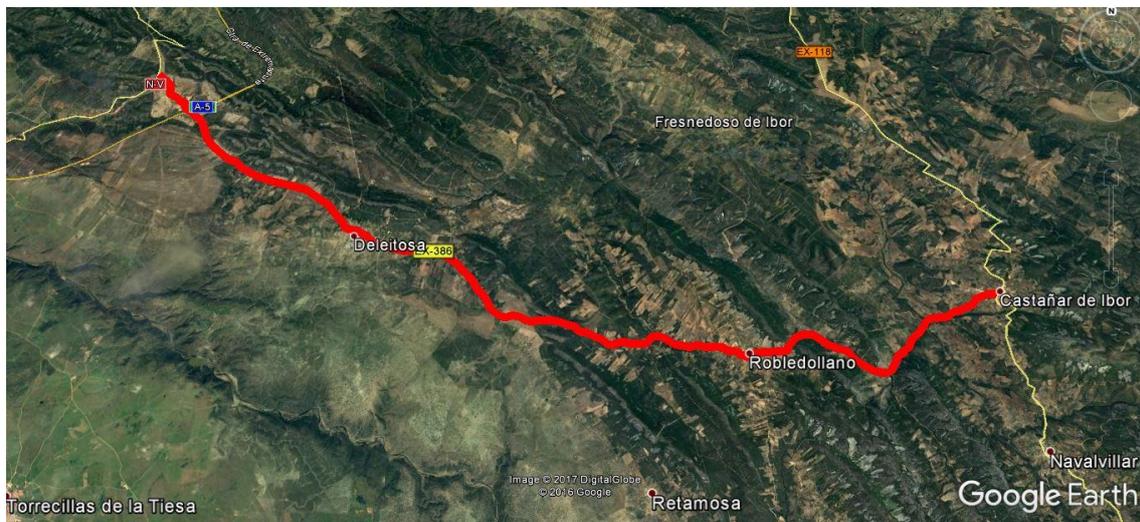


Imagen 6-2. Ubicación EX-386 (Fuente Google Earth)

La carretera Ex-386 se adentra de oeste a este en la ZEPA Sierra de las Villuercas y Valle del Guadarranque, que junto con la influencia por la proximidad de la Reserva de la Biosfera de Monfragüe y el LIC de los Riveros del Almonte hace de esta una de las carreteras con mayor número de accidentes.

6.1 Ubicación

El siguiente tramo de estudio es un caso particular de la seguridad vial ya que hasta ahora siempre hemos visto problemas asociados a la infraestructura y errores de diseño de esta. El tramo se centra en el factor entorno, una problemática inexistente en muchas carreteras de España pero que para la carretera en cuestión es un problema muy común y con el cual los ciudadanos de las localidades por las que discurre dicha carretera han tenido que aprender a convivir con él, nos referimos a los accidentes con fauna. Debido a que la carretera transcurre cerca de montaña y en dicha montaña habita una abundante población de Ciervos, Jabalíes, Gamos y Corzos hacen que las colisiones con estos animales sean muy abundante y común. Se trata de accidentes sin víctimas en la mayoría de los casos y que solo haya que lamentar pérdidas materiales, pero ello no significa que no suponga un riesgo para los conductores y por ello es necesario buscar una solución ante este problema. Como ya explico Manuel San Pedro(2013) la carretera Ex-386 con una IMD aproximada de 1000 vehículos es la segunda carretera con más accidentes de Extremadura por detrás solo de la Ex-100 la cual une Cáceres con Badajoz y con

una IMD aproximada de 4000 vehículos por lo que estamos ante un problema muy serio y necesario de abordar.



Imagen 6-3. Número de accidentes

El tramo de estudio comprende desde el Km 2 el cual es el enlace con la autovía A-5 hasta el Km 19. El por qué obviamos el resto de kilómetros tiene una explicación muy sencilla. Los primeros kilómetros de esta carretera son los que enlazan con la antigua nacional V y aun que en esa zona son muy abundantes los animales incluso paseando por la calzada debido a que nadie utiliza esa carretera no existen alcances. El por qué se ha obviado desde el km 19 hasta el 35 también tiene su explicación, estos animales viven en la montaña entre la vegetación salvaje que es justo lo que encontramos entre el kilómetro 2 y el 19 a partir de este último encontramos un terreno cultivado principalmente por olivos, como se puede ver en la Imagen 6-5, lo que hace que estos animales no se sientan protegidos y no acostumbran a vivir en estas zonas y aunque es cierto que hay algunas colisiones podemos considerar que son mínimas y podemos obviarlas.

En la Imagen 6-4 podemos observar la ubicación de la carretera dentro de la península, dicha carretera se encuentra al noreste de la comunidad autónoma de Extremadura, en la provincia de Cáceres. En la Imagen 6-5 podemos ver con más detalle la carretera del estudio, en ella está marcado el km de inicio y final del tramo.

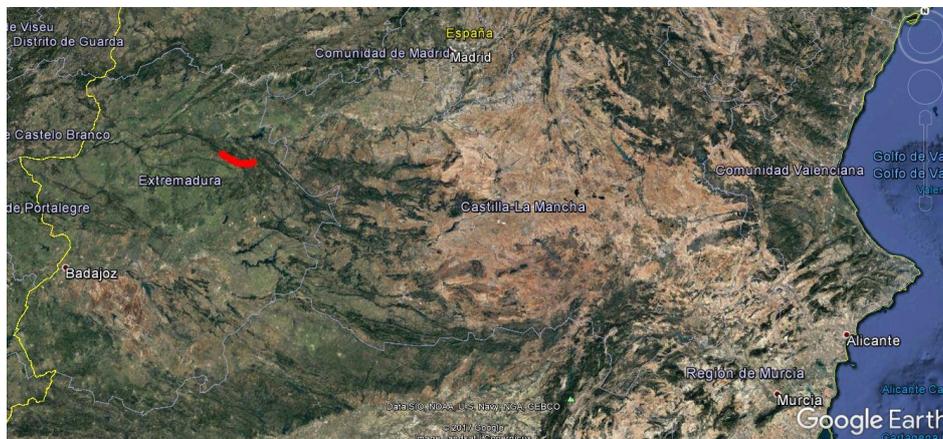


Imagen 6-4. Ubicación EX-386 altura del ojo 500 Km (Fuente Google Earth)

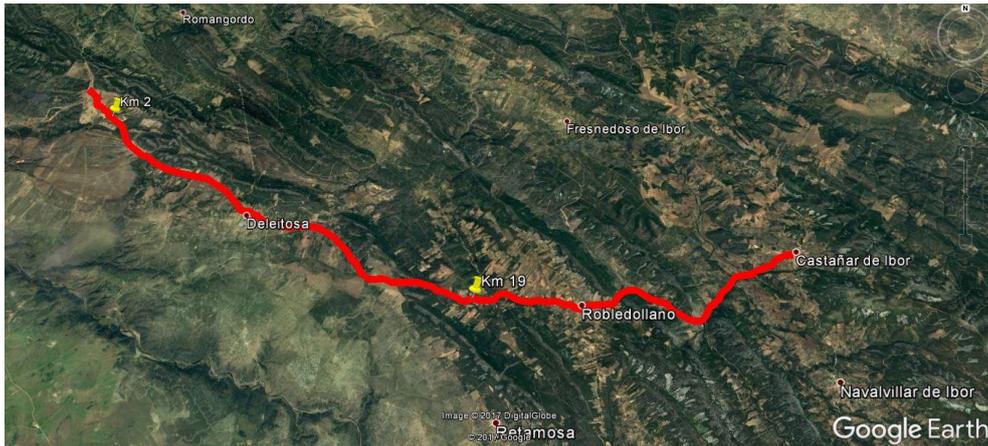


Imagen 6-5. Ubicación EX-386 altura del ojo 25 Km (Fuente Google Earth)

6.2 Datos

La Ex-386 es una carretera convencional de dominio y uso público. Dispone de una calzada con un carril para cada sentido. Los carriles son de 3 m de ancho y dispone de arcenes de 0.5m.

El tramo a estudiar tiene 17 km, como se ha explicado anteriormente se han quitado los kilómetros iniciales y finales de la carretera debido a su baja accidentalidad con fauna salvaje. La carretera se encuentra en muy buen estado debido a que se ha remodelado en el año 2005, esta remodelación amplió la plataforma, suprimió curvas y regularizó el trazado. Pero estas actuaciones no tienen mucha influencia en la problemática con la fauna salvaje.

- El firme como se ha mencionado anteriormente se encuentra en buen estado debido a que tiene 10 años y la carretera tiene poco tráfico pesado. Imagen 6-8.
- La carretera discurre a los pies de una pequeña montaña por lo que el trazado no es excesivamente revirado lo que hace que generalmente sean rectas unidas con radios amplios.
- En cuanto a la señalización podemos encontrar la señal P-24 a lo largo del tramo en repetidas ocasiones como podemos apreciar en la imagen Imagen 6-6. Señal P-24 Imagen 6-6.
- La carretera dispone de muchos accesos a lo largo de los 17 kilómetros, esto se debe a que en todo el recorrido existen terrenos a ambos márgenes de la carretera los cuales tienen accesos desde la calzada.
- Puesto que existen cercas en los márgenes de la carretera estas tienen vallado, este vallado en algunos casos es muy antiguo y está caído y en otros tramos está renovado y si puede significar una barrera para los animales. Imagen 6-7.
- Los desplazamientos de animales son un factor importante en la gestión y conservación de la fauna. Los conocimientos sobre el tipo y el alcance de los movimientos de los animales pueden contribuir a mejorar la seguridad vial, a reducir la mortalidad en las carreteras y a encontrar ubicaciones adecuadas para situar medidas correctoras como vallados y pasos de fauna (Putman, 1997; Funder et al, 1999; Pfister, 1993; Keller y Pfister, 1997)

Como se puede apreciar en la Imagen 6-9 la fauna cruza la carretera dos veces al día. Los animales pasan las noches entre la vegetación que aporta la montaña y a primera hora del día bajan a los campos cultivados y una pequeña meseta donde tienen comida y agua, durante el día están por estas zonas y a última hora del día vuelven a cruzar la carretera para volver a la montaña a pasar la noche.

- Esta carretera atraviesa principalmente poblaciones de Ciervos y Jabalís. Como se puede ver en la Imagen 6-10.
- Como se ha dicho anteriormente en la mayoría de los casos solo hay que lamentar daños materiales, pero los accidentes con fauna pueden ser muy graves dependiendo del tamaño del ejemplar, que en algunos casos puede llegar a medir 1.3m, incluso 1.8 si se tiene en cuenta la cornamenta como se puede ver en la Imagen 6-11.



Imagen 6-6. Señal P-24 (Fuente Google Maps)

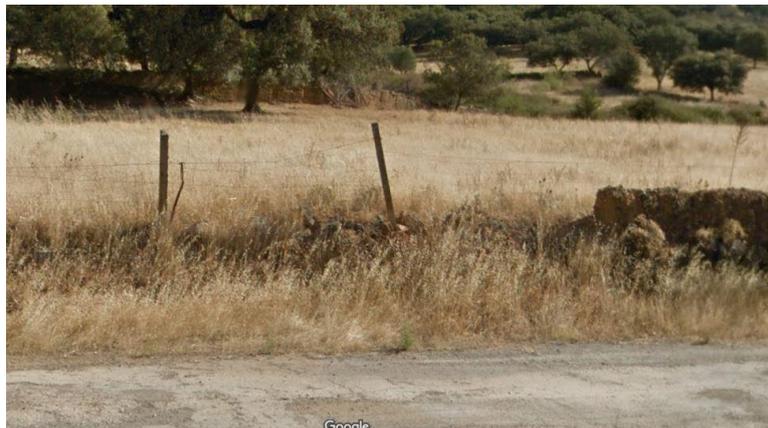


Imagen 6-7. Vallado carretera Ex-386 (Fuente Google Maps)



Imagen 6-8. Carretera EX-386



Imagen 6-9. Movimientos de la fauna (fuente Google Earth)

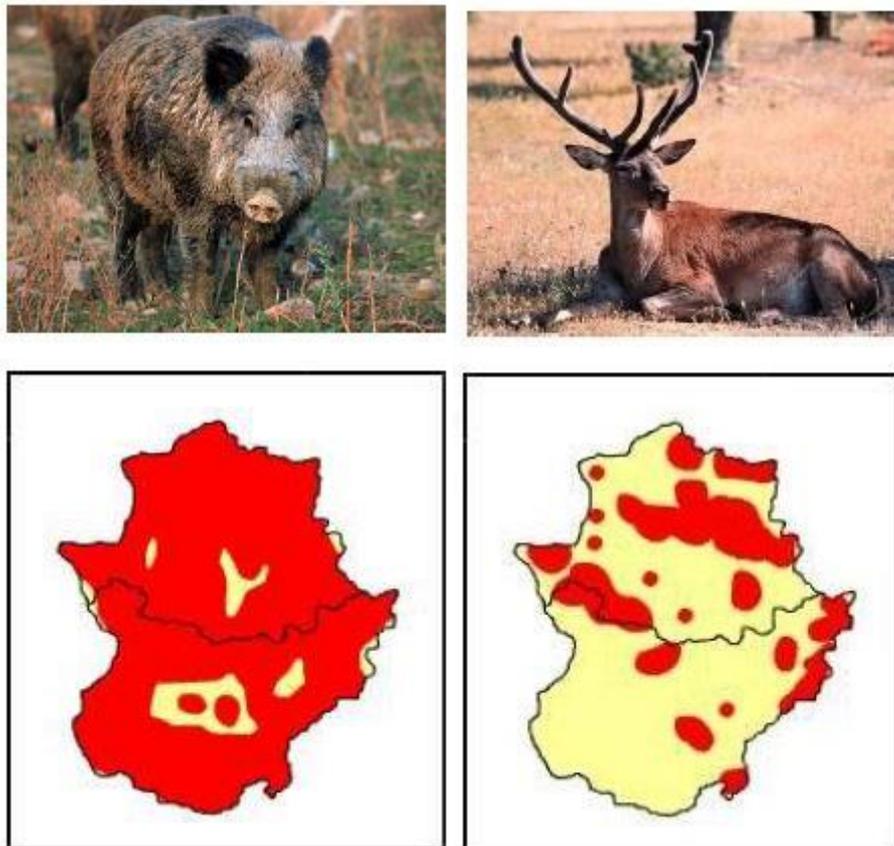


Imagen 6-10. Población de Jabalís y Cérvidos (Imagen adquirida del trabajo con título "Estudio de la incidencia de atropellos de animales en las carreteras de titularidad autonómica en la provincia de Cáceres, Manuel San Pedro Ortiz")

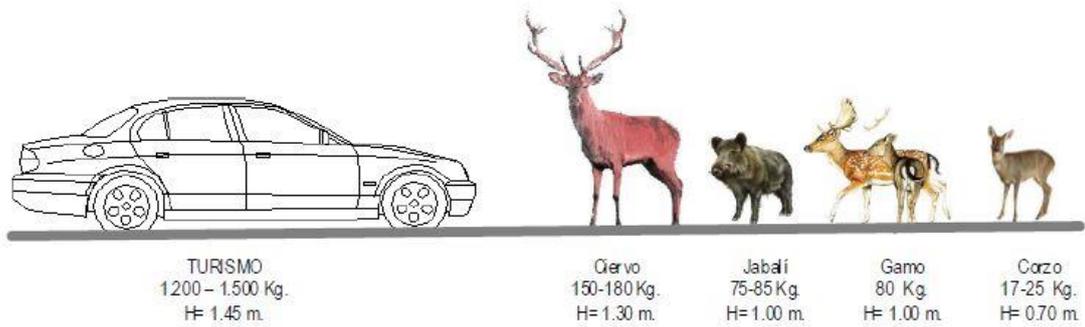


Imagen 6-11. Relación de tamaño entre un turismo y el macho de algunas especies

6.2.1 IMD

A continuación, vamos a estudiar el tráfico que tiene la carretera mediante su IMD así como su composición. Así podremos comprobar si el número de accidentes guarda alguna relación con el tráfico y poder ver cómo ha variado en el tiempo. Para este caso la composición no es tan importante ya que son accidentes con fauna y la composición del tráfico es poco relevante, pero aun así se mostrará el gráfico para poder tener una idea mejor de la carretera en estudio.

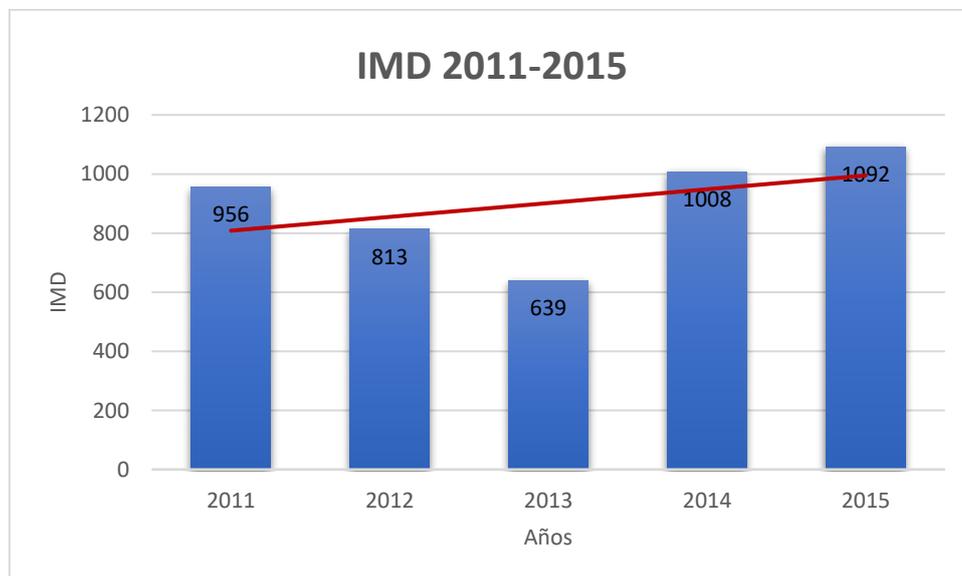


Imagen 6-12. IMD 2011-2015 (Fuente: Aplicación Afoex Junta de Extremadura)

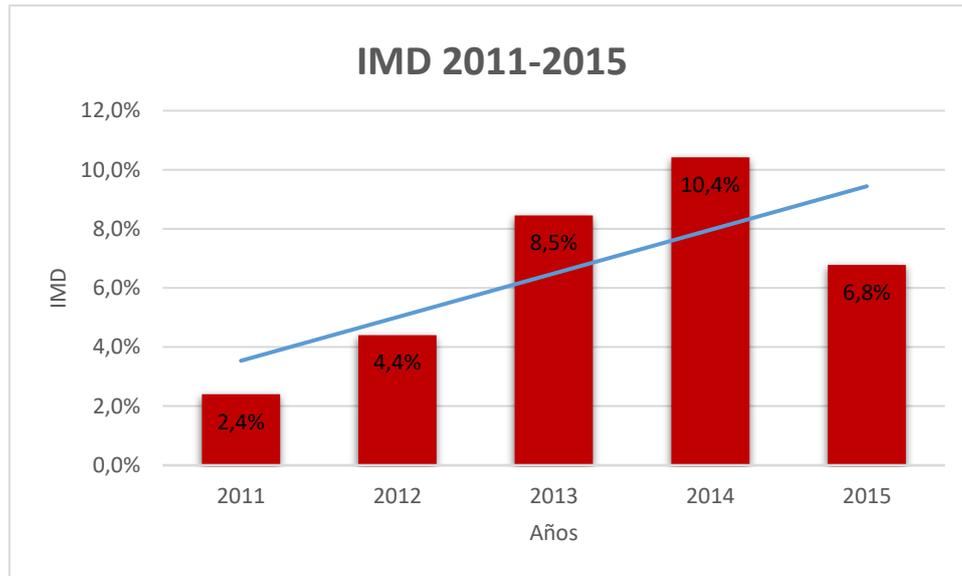


Imagen 6-13. % pesados periodo 2011-2015 (Fuente: Aplicación Afoex Junta Extremadura)

Los datos que aparecen en la tabla anterior están tomados por la estación CC-6393 en el PK 3+200, como vemos en la Imagen 6-12 la IMD ha descendido hasta el año 2013 y a partir de este año se ha incrementado. Con todo esto la tendencia es prácticamente estable con un ligero crecimiento. También podemos ver que las IMD son más altas que en la otra estación de la misma carretera (Imagen 5-13) pero aun así siguen siendo bastante bajas.

Si miramos el tráfico pesado (Imagen 6-13) podemos observar que desde el inicio de los datos ha ido creciendo en mayor medida que la IMD, esto se puede deber a una mejora de las condiciones económicas de la zona.

6.2.2 Accidentabilidad

En este apartado vamos a presentar los accidentes exclusivamente con fauna del tramo de estudio desde el año 2006 hasta el año 2015, los datos han sido facilitados por la Junta de Extremadura, sección de conservación de carreteras.

Tabla 55. Accidentes con fauna Ex-386

Fecha	Hora	Sentido	Km	Hm	Iluminación	Deslumbramiento
18/06/2009	11:26	Descendente	3	1	Dia	No
08/01/2006	21:20	Descendente	3	2	Noche	No
18/07/2006	4:00	Descendente	3	2	Noche	No
06/10/2015	12:50	Ascendente	3	3	Dia	No
30/11/2006	18:45	Descendente	3	4	Noche	No
17/07/2015	6:45	Ascendente	3	4	Crepúsculo	Si
15/08/2005	22:10	Descendente	3	5	Noche	No
15/04/2014	5:00	Descendente	3	5	Noche	No
08/05/2006	7:10	Descendente	3	8	Crepúsculo	No
23/04/2009	6:35	Descendente	3	9	Noche	No
19/04/2014	13:15	Descendente	4	0	Dia	No
15/04/2008	17:20	Descendente	4	4	Dia	No
17/06/2005	6:40	Ascendente	4	5	Crepúsculo	Si



10/07/2009	6:05	Ascendente	4	9	Noche	No
09/10/2006	6:30	Descendente	5	0	Noche	No
02/04/2015	0:20	Ascendente	5	0	Noche	No
12/09/2015	4:45	Descendente	5	1	Noche	No
16/12/2005	6:40	Descendente	5	5	Noche	No
05/01/2006	20:10	Ascendente	5	5	Noche	No
12/10/2007	8:05	Ascendente	6	0	Crepúsculo	Si
01/12/2014	5:50	Ascendente	6	0	Noche	No
25/08/2015	0:40	Ascendente	6	0	Noche	No
13/11/2005	8:30	Descendente	6	2	Crepúsculo	No
21/02/2008	21:00	Ascendente	6	2	Noche	No
08/01/2007	7:45	Ascendente	6	3	Noche	No
13/04/2009	4:00	Ascendente	6	5	Noche	No
30/09/2010	16:00	Ascendente	6	5	Dia	No
11/11/2010	20:45	Descendente	6	5	Noche	No
17/02/2012	23:30	Ascendente	6	8	Noche	No
09/12/2006	8:50	Descendente	6	9	Crepúsculo	No
20/10/2010	16:30	Descendente	6	9	Dia	No
29/10/2015	6:20	Descendente	6	9	Noche	No
03/01/2016	21:45	Descendente	6	9	Noche	No
09/02/2006	10:00	Ascendente	7	0	Dia	No
19/10/2007	20:00	Ascendente	7	0	Ocaso	No
11/01/2009	20:40	Descendente	7	1	Noche	No
08/09/2015	4:30	Ascendente	7	1	Noche	No
14/01/2011	18:30	Descendente	7	2	Ocaso	Si
25/08/2011	6:10	Descendente	8	0	Noche	No
07/11/2008	21:00	Ascendente	8	1	Noche	No
09/10/2010	4:20	Descendente	8	1	Noche	No
15/12/2010	11:30	Descendente	8	1	Dia	No
01/05/2012	6:50	Ascendente	8	1	Crepúsculo	Si
23/09/2008	8:40	Descendente	8	3	Crepúsculo	No
24/09/2008	8:00	Ascendente	8	3	Crepúsculo	Si
15/12/2008	21:15	Ascendente	8	3	Noche	No
28/02/2009	21:30	Ascendente	8	3	Noche	No
25/01/2008	19:15	Ascendente	8	4	Noche	No
21/05/2008	2:30	Descendente	8	5	Noche	No
07/11/2008	21:15	Ascendente	8	5	Noche	No
09/12/2008	6:15	Ascendente	8	5	Noche	No
25/08/2015	7:35	Ascendente	8	5	Crepúsculo	Si
15/07/2008	23:45	Ascendente	8	6	Noche	No
08/09/2008	22:05	Descendente	8	6	Noche	No
04/09/2008	7:05	Descendente	8	8	Noche	No
05/09/2014	22:55	Ascendente	11	8	Noche	No
16/01/2007	6:45	Descendente	12	0	Noche	No
21/11/2010	4:00	Ascendente	12	0	Noche	No

01/01/2010	2:30	Ascendente	12	1	Noche	No
17/10/2013	22:30	Ascendente	12	1	Noche	No
05/11/2013	19:15	Ascendente	12	2	Noche	No
30/07/2008	10:40	Ascendente	12	4	Dia	Si
09/10/2008	22:00	Ascendente	12	5	Noche	No
20/01/2006	20:45	Ascendente	12	5	Noche	No
30/09/2007	12:30	Descendente	13	0	Dia	No
12/11/2010	22:00	Descendente	13	0	Noche	No
05/05/2014	8:00	Descendente	13	3	Crepúsculo	No
03/04/2010	22:00	Descendente	13	4	Noche	No
30/10/2009	20:50	Ascendente	13	6	Noche	No
10/03/2008	20:00	Ascendente	13	8	Noche	No
24/10/2014	20:30	Ascendente	13	9	Ocaso	No
25/06/2006	23:00	Ascendente	14	0	Noche	No
17/09/2006	8:45	Ascendente	14	0	Dia	Si
06/12/2010	18:55	Ascendente	14	0	Noche	No
11/05/2007	14:30	Descendente	14	4	Dia	No
25/07/2009	23:05	Ascendente	14	5	Noche	No
10/10/2009	7:30	Ascendente	15	0	Noche	No
16/10/2012	1:30	Descendente	15	0	Noche	No
04/12/2011	18:30	Descendente	15	1	Noche	No
18/03/2016	10:00	Descendente	15	2	Dia	No
07/12/2012	20:25	Ascendente	15	5	Noche	No
03/05/2015	1:15	Descendente	16	3	Noche	No
06/01/2010	19:30	Descendente	17	0	Noche	No
16/12/2011	8:10	Ascendente	17	0	Crepúsculo	Si
08/12/2015	21:15	Descendente	17	1	Noche	No
08/12/2007	21:25	Descendente	17	5	Noche	No
20/07/2011	5:50	Descendente	17	7	Noche	No
20/12/2005	7:50	Ascendente	17	9	Noche	No
16/08/2005	7:00	Ascendente	18	0	Crepúsculo	Si
19/10/2011	6:50	Ascendente	19	4	Noche	No

En la Tabla 55 podemos apreciar la gran cantidad de accidentes ocurrido, 90 en los 17 km del tramo de la carretera Ex-386, como curiosidad si extrapolamos la relación entre accidentes e IMD con la CV-30 la cual tiene una IMD de 70000 vehículos saldría que en esta última habría habido 7000 accidentes en los últimos 10 años, un dato abrumador que pone de manifiesto que este tramo es muy peligroso.

En la anterior tabla se ha añadido también información cómo la fecha y hora que nos servirá posteriormente para clasificar los accidentes por meses y por años.

Otro dato importante que aporta esta tabla es el km donde se produce el accidente, gracias a ello podremos encontrar las zonas más conflictivas.

También tenemos una columna que nos indica la iluminación, en esta columna tenemos cuatro opciones: Dia, Noche, Ocaso y Crepúsculo. Se ha tenido en cuenta la hora de salida y puesta del sol en cada mes del año para elaborar esta columna.

Por último, tenemos una columna en la que se valora un posible deslumbramiento del sol, esto no quiere decir que el accidente haya sido causado por un deslumbramiento, solo queremos estudiar si puede ser una posibilidad. Para ello hemos tenido en cuenta las horas posteriores a la salida del sol y las anteriores a la puesta del sol ya que son las que el sol está más bajo y también hemos tenido en cuenta el sentido de la marcha ya que la carretera discurre de Oeste a Este. Queremos saber si existe la posibilidad de que debido al sol los conductores no aprecien bien los animales cuando cruzan la carretera. A continuación, vamos a reflejar estos datos en tablas para una mejor comprensión de ellos.



Imagen 6-14. Evolución accidentes con fauna

En primer lugar, vamos a analizar la Imagen 6-14 en la cual podemos apreciar los accidentes ocurridos desde el 2005 hasta el 2015 con la fauna salvaje. Se aprecia un pico en el año 2008 que comienza un descenso constante hasta el año 2013, pero después de este año los accidentes vuelven a incrementarse. Para intentar comprender estos sucesos vamos a estudiar varias posibilidades.

- **Económica:** Si nos fijamos en los datos económicos españoles, hemos sufrido una crisis que comenzó en el año 2008 y ha durado hasta el 2014, después de este último la economía empezó a crecer lentamente. Esto se ha reflejado en un descenso de los desplazamientos por carretera, podría coincidir con los accidentes con fauna donde vemos que desde el 2008 los accidentes han disminuido hasta el 2013 y a partir de este han vuelto a aumentar, pese a que los datos de IMD no son todo lo completos que nos gustaría esto se confirma con la Imagen 6-12 donde vemos que los datos de la IMD disminuyen y aumentan en la misma proporción que lo hacen los accidentes.
- **Social:** En el año 2008 hubo unos movimientos de compra-venta de terrenos en la zona y en años posteriores se procedió al vallado de grandes extensiones de terreno paralelo a la carretera con fines cinegético, esto conlleva a la alimentación de los animales y la ausencia de necesidad de los animales a realizar sus desplazamientos para buscar alimentos lo que minimiza el riesgo de accidentes. Alrededor del año 2014 terminó el negocio cinegético de estos terrenos lo que conllevó que los animales de nuevo tengan la necesidad de buscar comida y vuelvan a iniciar sus movimientos diarios cruzando la carretera.

Ambos motivos se ajustan a lo que reflejan las tablas y nos muestran que el tráfico y las necesidades de los animales influyen en la cantidad de accidentes de este tramo.

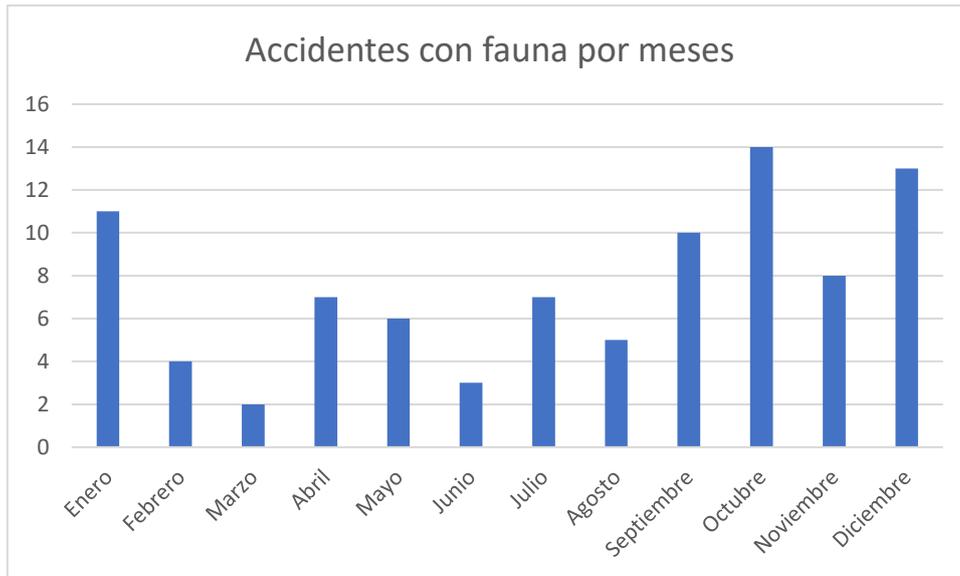


Imagen 6-15. Accidentes con fauna por meses

A continuación, vemos los accidentes clasificados por meses Imagen 6-15. Se puede ver claramente que los meses más conflictivos son los meses comprendidos entre septiembre y enero. Esto puede deberse a varios factores:

- **Alimentación:** Como ya se ha explicado anteriormente los movimientos de estas poblaciones implican cruzar la carretera para ir a los llanos cultivados y las dehesas para alimentarse. Si estudiamos la alimentación de estos animales, la cual se basa en bellotas y castañas, la temporada de estos frutos comprende desde septiembre hasta diciembre para la bellota y desde noviembre hasta diciembre para la castaña.
- **Reproducción y caza:** Si estudiamos estas poblaciones también podremos observar que en el periodo que más accidentes se registran hay dos momentos importantes para ellos. En primer lugar, la temporada de celo "berrea" la cual se produce a lo largo de septiembre y hace que estos animales se desplacen para aparearse. Por otro lado, tenemos la temporada de caza la cual abarca desde octubre hasta febrero, también podría ser un motivo para que los animales alterados por los cazadores crucen la carretera para desplazarse a zonas más segura.

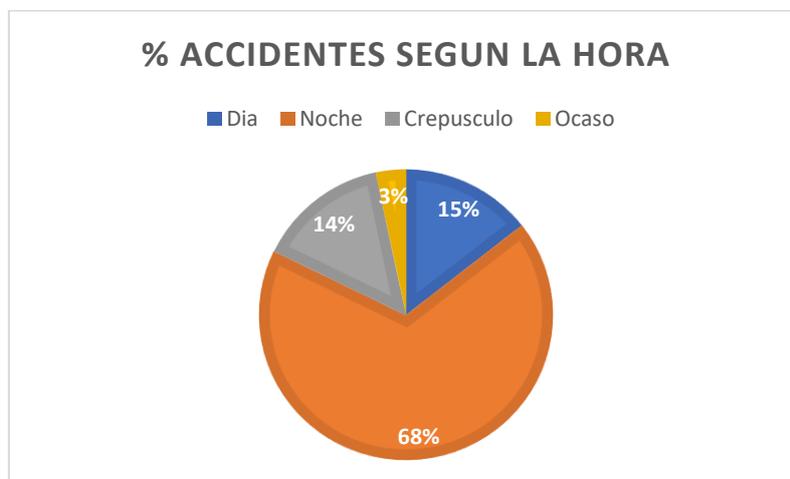


Imagen 6-16. % Accidentes según la hora

El siguiente punto que estudiar será el % de accidentes según la hora del día Imagen 6-16. Como se puede apreciar en dicha imagen la gran mayoría de los accidentes ocurren por la noche, siete de cada diez, un 14 % de los accidentes ocurren en el amanecer, hay que tener en cuenta que se ha considerado que el amanecer dura solo 30 min por lo que ese 15% tiene mayor peso ya que se concentran en menor tiempo. Nuevamente echamos mano de lo que dijo Manuel San Pedro en su estudio “Es necesario conocer los movimientos de las poblaciones para mejorar la seguridad vial”. Finalmente, otro 15% de los accidentes ocurren a lo largo del día y solo un 3% ocurre al atardecer.

En función de estos datos es más que evidente que la carretera se convierte en muy peligrosa cuando cae la noche por lo que será un punto muy importante a tener en cuenta

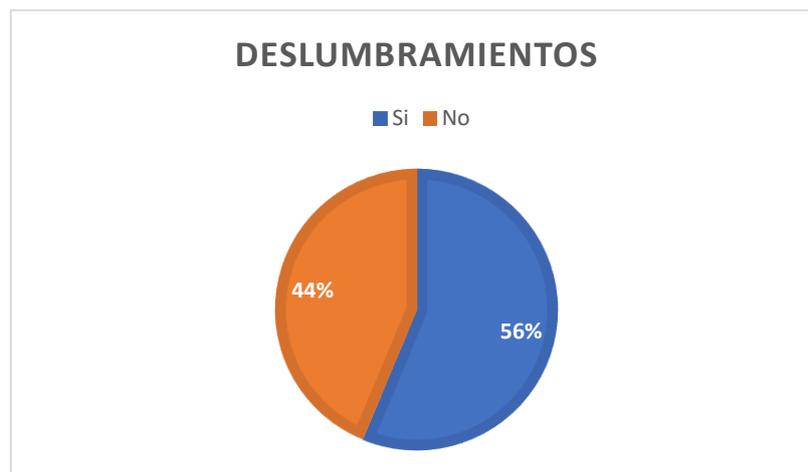


Imagen 6-17. Accidentes por deslumbramientos

Por último, se ha estudiado si podría ser un problema los deslumbramientos por el sol Imagen 6-17. Para ello hemos considerado que el sol puede haber influido con deslumbramientos en los accidentes ocurridos en el periodo de una hora después de salir el sol para los accidentes en el sentido ascendente (dirección este) y en el periodo de una hora antes de ponerse el sol para los accidentes en sentido descendentes de los pk (dirección oeste), decir que se ha tenido en cuenta la variación horaria anual de la salida y puesta del sol.

El resultado después de este estudio es que solo el 56 por ciento de los accidentes ocurrido al atardecer o al amanecer tenían el sol de frente, por lo que no podemos decir que el sol tenga una influencia en dichos accidentes.

6.2.2.1 Índice de peligrosidad

IDENTIFICACIÓN DE TRAMOS Y PUNTOS PELIGROSOS

Debido a que se trata de un tramo muy largo conviene estudiar que subtramos son los más conflictivos dentro de nuestro tramo de estudio y dentro de estos subtramos que punto son los más peligrosos para que así las medidas correctoras que podamos aplicar sean más efectivas y se pueda paliar en medida de lo posible el problema.

Para ello primero determinaremos donde existen Tramos de Concentración de Accidentes con Animales (TCAA) y donde existen Puntos Negros de Atropellos de Animales (PNAA).

- **Tramos de Concentración de Accidentes con Animales:** Hemos considerado que un TCAA es un tramo en el cual se registran 3 o más accidentes en intervalos consecutivos inferiores a 1000 m.

- **Puntos Negros de Atropello de Animales (P.N.A.A):** Hemos considerado un PNAA a aquel segmento en el cual se acumula mayor número de accidentes dentro de un tramo. Para la selección de dichos segmentos se tendrá en cuenta todos los accidentes consecutivos en un intervalo igual o menos a 100 m.

TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES CON ANIMALES

En primer lugar, hemos agrupado todos los accidentes en relación a su P.K. y hemos obtenido la Imagen 6-18. Puesto que la condición para considerar un tramo TCAA era que tenía que haber más de tres accidentes en menos de un kilómetro consecutivo, podemos distinguir dos subtramos que se pueden considerar TCAA. El primero desde el kilómetro 3 hasta el kilómetro 8 ambos inclusive. El segundo desde el kilómetro 12 hasta el kilómetro 15 ambos inclusive.

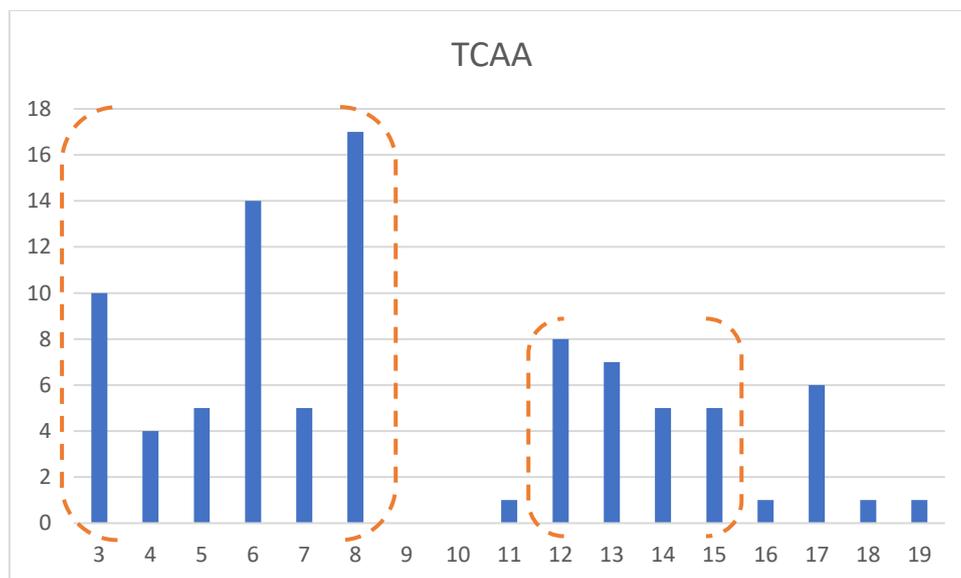


Imagen 6-18. TCAA carretera EX-386

PUNTOS NEGROS DE ATROPELLOS ANIMALES

Para poder distinguir los puntos negros de atropellos a animales (PNAA) en primer lugar hemos clasificado los accidentes por kilómetro y hectómetro y posteriormente hemos hecho el sumatorio de los datos y representado en una gráfica.

- **Subtramo 1 (KM 3-8):** Para este subtramo vemos que existe varios puntos en los que el número de accidentes en un intervalo de 100 metros alcanza el valor de 4, también podemos observar que al lado de estos puntos también hay un elevado número de accidentes con fauna por lo que hemos optado por considerar que dentro de subtramo 1 existen dos PNAA el primero comprende desde el P.K. 6+800 hasta el 7+200 en el cual se registran 10 accidentes. El segundo PNAA comprende desde el P.K. 8+000 hasta el 8+600 en el cual se han registrado 16 accidentes. Todo esto podemos verlo en la Imagen 6-19.
- **Subtramo 2 (KM 12-15):** En este segundo subtramo vemos que se registran menos accidentes, pero aun así encontramos un PNAA que llega a alcanzar el valor de 3 accidentes en menos de 100 metros y que además tiene accidentes en sus proximidades, este PNAA comprende desde el P.K. 13+800 hasta el P.K. 14+000 en el cual se han registrado 5 accidentes con fauna. Esto se puede apreciar en la Imagen 6-20

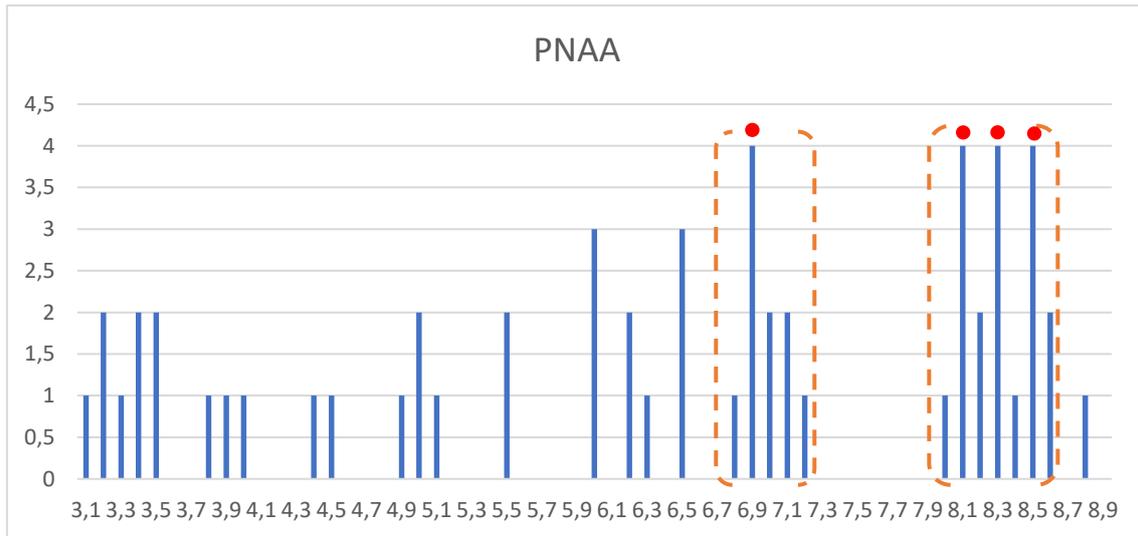


Imagen 6-19. PNAA subtramo 1

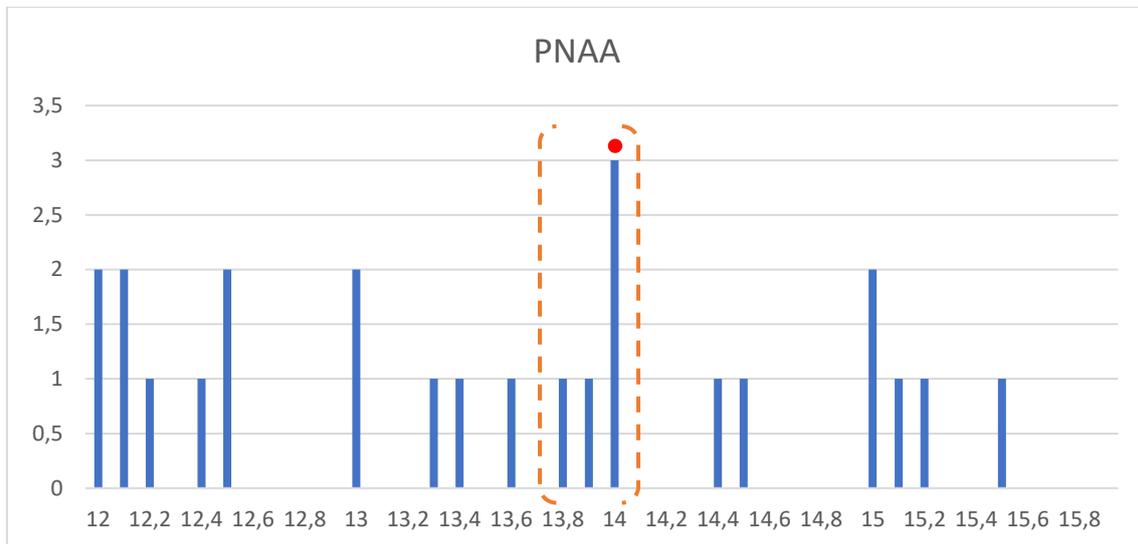


Imagen 6-20. PNAA subtramo 2

ÍNDICE DE PELIGROSIDAD

El índice de peligrosidad es una medida de la tasa de siniestralidad del tramo de carretera en estudio. Esta tasa compara el número de accidentes, el tráfico en un periodo de tiempo (cuanto mayor sea el periodo de estudio mejor serán los resultados) y la longitud del tramo de estudio. La fórmula a aplicar sería la siguiente.

$$I.P. = \frac{(N \text{ Accidentes})}{(\Sigma \text{ IMD}) * (365) * (L \text{ tramo (km)}) * (10^6)}$$

Tabla 56. Índice de peligrosidad EX-386

ÍNDICE DE PELIGROSIDAD EN LOS TCAA					
Accidentes	P.K. inicio	P.K. final	Longitud (m)	IMD	I.P
57	3+000	8+000	5000	901	6,932
25	12+000	15+000	3000	901	5,067
ÍNDICE DE PELIGROSIDAD EN LOS PNAAs					
Accidentes	P.K. inicio	P.K. final	Longitud (m)	IMD	I.P
10	6+800	7+200	400	901	15,203
16	8+000	8+600	600	901	16,217
5	13+800	14+000	200	901	15,203

En la Tabla 56 se muestra los datos necesarios para calcular los Índices de peligrosidad de cada tramo, así como el índice de peligrosidad de cada tramo. Se ha calculado el índice de peligrosidad que le correspondería a los TCAA y también el índice de peligrosidad que corresponde a cada PNAAs como se puede ver en la tabla anterior para el primer TCAA obtenemos un índice de peligrosidad de 6,932 y para el segundo TCAA obtenemos un índice de peligrosidad de 5,067 ambos muy parejos pese a que en el primer tramo hay muchos más accidentes, pero tenemos que tener en cuenta que el segundo tramo es la mitad de corto por lo que los accidentes se acumulan en menor espacio.

Para los PNAAs encontramos un índice de peligrosidad de **15,203** para el primero, **16,207** para el segundo y **15,203** para el tercero. Al igual que ocurría con los TCAA todos salen muy parecidos.

Teniendo en cuenta todos los datos presentados hasta el momento, podemos afirmar que en esta carretera existe un problema y debemos actuar para evitar en medida de lo posible esta altísima accidentabilidad.

6.3 Análisis de los datos

En este apartado se estudiarán los datos presentados en el punto 6.2 donde se nos ofrecía toda la información disponible de la carretera en estudio y a través de la cual analizaremos si la problemática existente y posteriormente se propondrán las soluciones más adecuadas a dichos problemas.

Puesto que estamos ante un caso particular de la seguridad vial ya que la afección se debe al factor entorno y no al factor infraestructura como en la mayoría de los casos, en este apartado nos vamos a centrar principalmente en los aspectos relacionados con el entorno como pueden ser las fechas en las que se originan los accidentes, las horas en las que tienen lugar y los desplazamientos de las poblaciones, así como los puntos donde se concentran la mayor parte de los mismos.

6.3.1 Variación mensual de los accidentes

Como ha quedado comprobado la cantidad de accidentes está directamente relacionada con el número de vehículos que circulan por la carretera por lo que de no actuar se intuye que los accidentes seguirían aumentando, por lo que es necesario poner remedio a este problema. En primer lugar, nos centraremos en el estudio realizado a la variación mensual de la accidentabilidad. En ella hemos podido observar que la cantidad de accidentes no se reparte equitativamente entre los 12 meses del año lo que nos hace preguntarnos cual será el motivo de que la mayoría de los accidentes tengan lugar entre los meses de septiembre y enero. Para poder buscar una explicación lógica a este problema es necesario estudiar la base del problema, la fauna.

En el mes de septiembre estos animales se encuentran en su momento de **apareamiento**. El cual consiste, en el caso los ciervos, en recorrer grandes distancias para pelear con otros machos y aparearse con las hembras, esto conlleva que los animales crucen la carretera tantas veces como sea necesario para lograr su fin, poniendo en riesgo su vida y la de los conductores que circulen por la carretera en dicho momento.

Por otro lado, tenemos el problema de la **alimentación**. Estos animales suelen vivir en las montañas ya que la naturaleza de esta zona les sirve como protección y refugio, pero tiene el problema de que no dispone de los árboles que producen su alimento más nutritivo, las castañas y las bellotas. Como podemos ver en el gráfico de los accidentes por meses, los meses de octubre a diciembre tienen un alto índice de accidentalidad, esto puede deberse a que en estas fechas los animales dejan la protección de la montaña y cruzan la carretera para bajar a la meseta donde hay unas grandes dehesas cultivadas de encinas y bastantes campos en los que los antepasados plantaron castaños. Esto explicaría el alto índice de accidentabilidad en el periodo en el que estos frutos maduran. También daría sentido a por que el resto del año hay menos accidentes, esto podría deberse a que el resto del año su alimentación son bayas y tallos nuevos de los árboles y arbusto, así como hierba, esta alimentación si la pueden encontrar en la montaña lo que no les obligaría a cruzar la carretera tan a menudo.

Por último, hay que tener en cuenta que en Extremadura el **sector cinegético** es muy importante por lo que estos animales son un gran reclamo para las asociaciones de cazadores de la zona. Esto también nos ayudaría a explicar los accidentes ocurridos en el periodo de mediados de octubre hasta finales de enero donde se realizan diversas cacerías a lo largo de la carretera en distintos periodos de los meses anteriormente citados. Estas cacerías hacen que los animales asustados traten de escapar de la zona no solo durante la cacería si no también después de la misma lo que vuelve a llevar a estos animales a la carretera poniendo en riesgo su vida y la de las personas que la transitan.

6.3.2 Variación diaria de los accidentes

A la vista de los datos expuestos en el apartado anterior podemos verificar que existe un gran problema de seguridad cuando cae la noche ya que el 70% de los accidentes ocurren durante este periodo. Además, el tráfico que circula por la noche es escaso por lo que la relación vehículo que circulan respecto a los accidentes aumenta considerablemente.

Podemos intuir que el buen estado de la carretera y el poco tráfico incita a los conductores a sobrepasar los límites de velocidad establecidos por la norma. Si a esto le sumamos que durante la noche la visibilidad es menor que durante el día, pese a los nuevos sistemas de iluminación de los vehículos, hace que el problema de la velocidad se incremente ya que la distancia de parada aumenta debido a que el tiempo de reacción aumenta.

Además, hay que tener en cuenta que son animales salvajes y que no siempre van a estar parados en mitad de la carretera si no que pueden estar parados en los márgenes de la carretera donde las luces de los vehículos no iluminan y al pasar el vehículo estos animales se asustan y en su intento de huir saltan a la carretera haciendo que el accidente sea más que probable.

Este apartado es probablemente el que más se pueda actuar ya que en parte es el que más depende de las personas, a las cuales si podemos indicarles que hacer ya que cambiar la costumbre de los animales es muy difícil. A continuación, se muestra un ejemplo del problema de la iluminación en los accidentes con fauna.



Imagen 6-21. Visibilidad de un vehículo por la noche. (Imagen adquirida del trabajo con título "Estudio de la incidencia de atropellos de animales en las carreteras de titularidad autonómica en la provincia de Cáceres, Manuel San Pedro Ortiz")

También se ha estudiado los accidentes en otros momentos del día como el amanecer o el atardecer en el cual se registraban prácticamente el 30% restante de los accidentes, pero hemos considerado que el principal problema se encontraba por la noche.

Otra hipótesis fue que los accidentes en el crepúsculo y el ocaso estuvieran ocasionados por deslumbramientos por el sol, pero el resultado final era prácticamente un 50% que si y el mismo porcentaje que no por lo que podemos asegurar que aun que en algún caso si tenga algo que ver no es el principal problema de los accidentes.

6.3.3 Accidentabilidad en los PNAA

Ya que conocemos la ubicación exacta de los accidentes, agrupando los accidentes por km y hm podemos encontrar los puntos de mayor peligrosidad de la carretera por si fuera necesario alguna actuación aislada para dichos tramos.

Después de llevar a cabo dicho estudio se ha llegado a la conclusión de que el p.k. 6+900, 14+000 y el tramo desde el 8+100 hasta el 8+500 son los puntos donde se concentran la mayor parte de los accidentes.

Una vez conocido este dato visitamos el terreno para ver que tenían en común estos puntos y todos eran zonas donde el terreno no estaba cultivado y no tenía vallado lo que facilita que los animales se muevan por esas zonas y crucen la carretera Imagen 6-22 e Imagen 6-23.

Actuar correctamente en estos puntos nos puede asegurar un éxito en cuanto al descenso de accidentes, pero también puede significar desplazar el problema a otro punto.



Imagen 6-22. Tramo accidentes PK 8+100 – PK 8+500



Imagen 6-23. Tramo accidentes PK 14+000

6.4 Propuestas y valoración de las soluciones

Una vez analizada la problemática del tramo se procederá a buscar las posibles soluciones que mitiguen la situación actual y hagan de la carretera un lugar más seguro para los conductores que por ella circulan.

Tabla 57. Problemas y objetivos (tramo 3)

Problemas y objetivos	
Problema	Objetivo
1. Debido a la falta de alimentos durante el otoño y el invierno, los animales se ven obligados a cruzar la carretera para buscar alimentos lo que pone en riesgo a los conductores que circulan por la carretera, también durante las cacerías los animales se desorientan y los días posteriores continúan cruzando la carretera con más frecuencia de lo normal.	Dotar a los animales de alimentos cerca de su zona de confort en la montaña para evitar así que se desplacen y pongan en peligro a los conductores que circulen por la carretera. Señalizar el tramo de carretera en el que se está llevando a cabo una batida y mantener la señalización durante algunos días más.
2. La caída de la noche supone un problema muy grave en la carretera, como se ha visto el 70% de los accidentes ocurren en este periodo, principalmente porque la velocidad no es la adecuada para poder detener un vehículo ante la presencia de alguno de estos animales y otro motivo es porque los animales aparecen de la cuneta en plena noche sin que los faros de los coches puedan detectar la presencia de estos animales.	Instalar señalización especial en la carretera con el fin de advertir a los conductores de que las condiciones en esta carretera son distintas a las del día y de que es aconsejable bajar la velocidad durante la noche debido a la falta de visibilidad. También intentaremos disuadir a los animales que estén en los límites de la carretera de cruzar la misma mientras un coche este por las proximidades.
3. Existen puntos localizados donde la accidentabilidad es mucho mayor al resto de tramos, es lo que en el trabajo hemos nombrado como PNAA, esto se debe a que las condiciones para que los animales crucen por esas zonas son mejores que por el resto de la carretera.	Se intentará llamar la atención de los conductores a la llegada de dichos tramos para remarcar la peligrosidad del mismo y que entiendan que están llegando a un punto diferente al resto de la carretera donde tienen que extremar la precaución.

Entendemos que todas las soluciones que se van a presentar son recomendables para su introducción y no entendemos que haya que decidir entre una u otra cual es la mejor ya que todas ellas se complementan por lo que en este apartado se llevaran a cabo todas las soluciones, lo que si se realizara un análisis multicriterio para valorar las soluciones por si hubiera que elegir por prioridad alguna de ellas.



Para el análisis multicriterio vamos a estudiar 3 aspectos de cada una de las soluciones.

- Efectividad de la solución. Se valorará como de efectiva es la propuesta frente a la problemática y cuanto se espera que reduzca la misma.
- Impacto medioambiental. Se valorará como incide tanto positiva como negativamente la propuesta en el medioambiente.
- Económica. Se realizará un estudio del coste necesario para llevar a cabo las soluciones presentadas en este apartado.

Las puntuaciones para cada parámetro serán las siguientes.

EXCELENTE:	5 puntos
BUENA:	4 puntos
NORMAL:	3 puntos
MALA:	2 puntos
DESASTROSA:	1 punto

6.4.1 Problema 1. Variación mensual

- A. Esta propuesta se centra en dar alimentos a los animales cerca de su hábitat, allí donde ellos tienen su zona de confort y evitar que se tengan que desplazar para buscarlo. La solución pasaría por plantar castaños y encinas al otro lado de la montaña, justo en la dirección contraria de donde se ubica la carretera, esta zona es amplia y no existe ninguna carretera cercana. Con esta propuesta se conseguiría que los animales tuvieran comida y bebida cerca de su hábitat por lo que no solo no cruzaran la carretera para buscarlos, sino que además cambiarían sus costumbres de desplazamientos a una zona más segura para ellos y más alejada de la carretera. En la zona existe mucho terreno abandonado que antiguamente estaba cultivado por lo que no será ningún problema su plantación. Estos árboles no necesitan cuidados ni mantenimiento por lo que son ideales para el cometido que se les quiere dar.
- En una hectárea puede concentrar 100 castaños o 25 encinas y estas tienen una producción de 3000 kg de castañas y 600 kg de bellotas al año.
- El punto negativo de esta medida está en el tiempo que tienen que pasar para que estos árboles den frutos 10 años para el castaño y 15 años para la encina llegando a su máxima producción a los 15 y 50 años respectivamente.
- Teniendo en cuenta la alimentación de estos animales hemos calculado que con 5 hectáreas será suficiente para apoyar la alimentación de estos animales. Hemos seleccionado 3 de encinas ya que es más rentable y 2 de castaños. Ambos árboles son autóctonos por lo que no suponen ningún problema para el medio. Se puede ver la ubicación de las plantaciones en los planos 3.1.1 y 3.1.2.

Tabla 58.Precio Encina

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Oficial 1º Jardinero	0.35	14.35	5.02
2	h. Peón	0.8	11.91	9.53
3	h. Excav.hidr.neumaticos 84 CV	0.2	44.50	8.90
4	h. Camión con grua 6t.	0.5	50.94	25.47
5	Ud Quercus ilex 20-25 cm perímetro	1	184.36	184.36
6	m3 Agua	0.1	0.91	0.09
7	Kg Substrato vegetal fertilizado	10	0.06	0.60
				233.97

Tabla 59.Precio Castaño

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	h. Oficial 1º Jardinero	0.20	14.35	2.87
2	h. Peón	0.5	11.91	5.96
3	h. Excav.hidr.neumaticos 84 CV	0.15	44.50	6.68
4	Ud Castanea sativa 12-14 cm. perimetro	1	78.83	78.83
5	m3 Agua	0.09	0.91	0.08
6	Kg Substrato vegetal fertilizado	5	0.06	0.30
				94.72

Tabla 60.Coste total

	Descripción	Cantidad	Precio	Total
1	Castaño	200	94.72	18.944
2	Encina	75	233.97	17547.75
				36.491.75

Tabla 61.Matriz multicriterio 1

Efectividad	Impacto Ambiental	Valoración Económica	Total
4	5	3	12

- B. Esta propuesta está enfocada para evitar los accidentes con fauna en el periodo de caza, debido a los movimientos que realizan los animales para huir de los cazadores. Es en esta huida cuando cruzan la carretera y provocan los accidentes, para ello se obligará a la asociación de cazadores a colocar señales en el tramo de carretera cercano a la zona de batida, una para cada sentido de circulación.
- Las señales deberán ser colocadas antes de iniciar la batida y deberán ser retiradas al tercer día de la batida. Para que las señales cumplan con la normativa autonómica nosotros suministraremos las señales.
- La señal medirá 900*600 mm ya que es lo que estipula la norma 8.1 IC de señalización vertical para una carretera convencional sin arcén.
- Las señales no tendrán en cuenta el precio de puesta en obra ya que serán portátiles.



Imagen 6-24. Ejemplo de señal

Tabla 62. Coste Señal batida de caza

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1 ud	Señal rectangular refl. 900*600	2	174.63	349.26

Tabla 63. Matriz multicriterio 2

Efectividad	Impacto Ambiental	Valoración Económica	Total
1	2	5	8

6.4.2 Problema 2. Variación diaria

- A. Esta propuesta quiere evitar los accidentes nocturnos, para ello hay que conseguir que los conductores circulen a una velocidad inferior para que ante la presencia de alguno de estos animales puedan detener el vehículo antes de colisionar con ellos. Como hemos visto anteriormente el problema de circular por la noche se debe a que la visibilidad es menor y cuando un animal entra dentro del campo de alumbrado de los faros del coche ya es demasiado tarde para reaccionar y frenar el vehículo antes de colisionar con él. Es por este motivo que creemos aconsejable circular a una velocidad inferior por la noche. De esta manera la distancia de reacción y la distancia de frenado se reducirán considerablemente y el accidente se podrá evitar.

Para ello colocaremos señales que recomienden circular a una velocidad de 70 Km/h por la noche como la de la Imagen 6-25. Estas señales estarán ubicadas en los pk 3+000 y 12+000 para el sentido ascendente y en los pk 15+000 y 8+000 para el sentido descendente. Estos puntos son el comienzo de los anteriormente nombrados TCAA para ambos sentidos, con ello se espera que los conductores circulen a lo largo de todo el tramo a una velocidad reducida por la noche. Se puede ver la ubicación de las señales en los planos 3.2.1 y 3.2.2.



Imagen 6-25. Señal límite nocturno

Tabla 64. Coste señal límite nocturno.

	Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	ud	Señal rectangular refl. 900*600	4	174.63	698.52

Tabla 65. Matriz multicriterio 3

Efectividad	Impacto Ambiental	Valoración Económica	Total
4	2	5	11

- B. El otro problema con el que nos encontramos al circular por la noche es que los animales se encuentran parados en la cuneta y cuando escuchan el ruido de los coches o bien tratan de cruzar la carretera, apareciendo de repente en la carretera o en el mejor de los casos se dan la vuelta y corren paralelos a la carretera, tiempo en el que el conductor puede visualizarlos y evitarlos. Pero ambos casos se convierten en un peligro para las personas que circulan ya que el movimiento del animal asustado es impredecible. Se ha comprobado que los animales cuando le da la luz de los coches en los ojos se quedan completamente quietos, por lo que una posible solución podría venir por ahí, para ello hemos descubierto un hito experimental que podríamos usar en todo nuestro tramo. Este hito consta de una parte trasera inclinada 30º que reflejaría la luz de los coches hacia la cuneta, con ello conseguiríamos que si hay algún animal en la cuneta cuando un coche se acercara el lugar de cruzar la carretera se quedaría quieto en la cuneta. Este hito se ha probado en otras carreteras y ha dado buenos resultados. El hito en cuestión se muestra en la imagen Imagen 6-26 y estarían colocados cada 25 m a lo largo de los 17 km del tramo



Imagen 6-26. Hito disuasorio de fauna

Tabla 66. Coste hito disuasorio de fauna

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1 h.	Capataz	0.1	13.62	1.36
2 h.	Oficial primera	0.2	13.42	2.68
3 h.	Peon ordinario	0.2	12.77	2.55
4 h.	Ahoyadora	0.1	25.06	2.51
5 Ud	Hito arista policar.h=155	1	30.50	30.50
				39.60

Tabla 67. Coste total

Descripción	Cantidad	Precio	Total
1 Hito de arista	1360	39.60	53.856

Tabla 68. Matriz multicriterio 4

Efectividad	Impacto Ambiental	Valoración Económica	Total
4	3	3	10

6.4.3 Problema 3. Accidentabilidad en los PNAA

Ante este problema hemos barajado varias soluciones entre ellas colocar un vallado a lo largo del tramo, pero finalmente se ha descartado esta solución debido a que lo único que conseguiríamos con eso es trasladar el punto por donde los animales cruzan unos metros antes o después de la valla, por lo que al final hemos decidido optar por llamar la atención de los conductores y que se percaten que están atravesando un tramo que realmente es peligroso. El problema de la señal común p-24 es que los conductores la obvian cuando la ven, lo que queremos tratar de hacer es colocar una señal que cuando los conductores la vean les llamen la atención y se fijen en ella. Esto lo conseguiremos utilizando la señal común p-24 sobre un fondo amarillo reflectante y si fuera necesario colocaríamos una señal luminosa sobre la señal para llamar aún más la atención de los conductores que circulen por la carretera (Imagen 6-27). De este modo los conductores cuando atraviesen los PNAA tendrán en cuenta que están circulando por un tramo distinto al resto de la carretera y que tienen que extremar las precauciones. Puesto que lo que queremos es llamar la atención se colocarán señales un poco más grandes de lo que la norma exige para este tipo de carreteras, las señales serán de 900x900mm. Debido a que los PNAA del pk 6+800 y 8+000 están muy próximos se colocaran solo una señal para ambos por lo que la ubicación de las señales sería la siguiente: en los pk 6+800 y 13+800 para el sentido ascendente y en los pk 8+600 y 14+000 para el sentido descendente. Se puede ver la ubicación de las señales en los planos 3.3.1 y 3.3.2.



Imagen 6-27. Señal P-24 reflexiva

Tabla 69. Coste señal P-24 Reflexiva

Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1 h.	Capataz	0.180	13.62	2.45
2 h.	Oficial segunda	0.360	13.23	4.76
3 h.	Peon ordinario	0.360	12.77	4.60
4 h.	Ahoyadora	0.180	25.06	4.51
5 Ud	Señal cuadrada réflex.	1	219.58	219.58
6 m.	Poste galvanizado 100x50x3 mm	4	35.03	140.12
7 M3	Hormigon HM-15/P/20	0.180	79.91	14.38
				390.40

Tabla 70. Coste total

	Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Total
1	ud	Señal cuadrada refl. 900*900	4	390.40	1531.6

Tabla 71. Matriz multicriterio 5

Efectividad	Impacto Ambiental	Valoración Económica	Total
4	2	5	11

7 CUADRO RESUMEN Y ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN ÓPTIMA

En este apartado se escogerán las soluciones que se consideran más adecuadas para resolver las problemáticas y lograr los objetivos planteados. Para la elección de la solución nos hemos apoyado en las matrices multicriterio realizadas para cada una de las soluciones donde ese valoraba la efectividad de la solución, su impacto ambiental y el coste económico.

A continuación, podemos ver una tabla resumen donde se muestran las matrices multicriterio de todas las soluciones, en la cual compararemos y seleccionaremos las mejores soluciones que como hemos dicho anteriormente nos ayuden a corregir los problemas que se presentan en nuestros tramos.

Tabla 72. Cuadro resumen

Tramo	Solución	Efectividad	Ambiental	Económica	Total
Tramo 1	Solución 1	2	3	4	9
	Solución 2	5	2	3	10
	Solución 3	5	1	1	7
Tramo 2	Solución 1	4	3	4	11
	Solución 2	4	4	3	11
	Solución 3	2	3	4	9
	Solución 4	2	2	5	9
Tramo 3	Solivi3n 1A	3	5	3	11
	Soluci3n 1B	1	2	5	8
	Soluci3n 2A	4	3	5	12
	Soluci3n 2B	5	3	3	11
	Soluci3n 3A	4	3	5	12



Tramo 1

Para este tramo la mejor **solución es la 2** que ha obtenido un total de 10 puntos, la cual consiste en realizar un nuevo trazado, el cual se realiza con una curva de radio único 90 m que enlaza con las rectas anterior y posterior a las curvas existentes manteniendo la sección actual.

Hemos elegido esta solución porque junto con la opción 3 es la más efectiva, pero al contrario que esta última es mucho más barata y afecta menos a medio natural ya que esta opción se adapta más al entorno.

Lo que nos aportará esta solución será la seguridad en el paso por curva debido a que no encontraremos con un radio único durante toda la curva y evitaremos el cambio brusco de radio sin ningún tipo de transición que era lo que provocaba los accidentes en este tramo, con esto pretendemos evitar todos los accidentes y evitar más muertes en este punto. Sin embargo, esta actuación pese a que no es tan agresiva con el medio ambiente como la solución 3, sigue dejando un fuerte impacto visual ya que será necesario atravesar parte del talud y dejaremos unos desmontes de 5 metros aproximadamente.

El coste económico total para llevar a cabo esta actuación es de **66.700 euros**.

Tramo 2

Para este tramo hemos considerado oportuno elegir dos soluciones como optimas ya que ambas soluciones son complementarias y juntas la efectividad es mucho mayor. En este caso consideramos que las mejores **soluciones son la 1 y la 2**. Las cuales consistían en desbrozar el terreno y rebajar el talud para evitar que proyecte sombra sobre la carretera y cambiar el firme actual por uno más resistente a las heladas y que dote de más agarre al pavimento.

Los puntos fuertes de esta solución son que dotaremos al tramo de mayor tiempo de exposición al sol, lo que en principio tendría que ser suficientes para evitar que las placas de hielo se mantuvieran todo el día y dotaremos a la carretera de un asfalto mucho mas resistente a las heladas que el actual y con un agarre mayor, lo que evitara que los conductores puedan perder el control en el paso por curva.

Los puntos débiles de la solución radican en el cambio que sufrirá el paisaje, ya que se desbrozara la vegetación del talud y este se rebajara, lo que hará que pierda parte de ese encanto natural que tiene actualmente, además el problema del hielo seguirá estando ahí ya que las temperaturas seguirán siendo bajas y la humedad alta, solo haremos que sea más difícil que afecte a los conductores.

El coste total de ambas soluciones asciende a un total de **20.000 euros**.

Tramo 3

Para este tramo al igual que en el anterior hemos considerado oportuno elegir más de una solución ya que creemos estas soluciones son complementarias y juntas su efectividad aumenta. En este caso aun que todas las soluciones podrían llevarse a cabo, hemos considerado que las mejores debido a su efectividad son la **solución 2A,2B y 3A**. Estas soluciones consistían respectivamente en la colocación de señalización para recomendar a los conductores reducir la velocidad durante la noche y así adaptarse mejor a las condiciones cambiantes de la vía. Colocar hitos disuasorios de fauna para evitar que los animales salvajes salten contra los vehículos que circulan por la carretera, lo que suponía un accidente seguro. Colocar señalización especial en los tramos donde se concentran los mayores números de accidentes con fauna. Hemos seleccionado estas soluciones por que como se vio en los datos el principal problema que presenta la carretera son los accidentes por la noche, hasta un 70% por eso hemos considerado que las actuaciones se tenían que centrar en ese apartado.

Con estas medidas se reducirá notablemente los accidentes con fauna ya que todas ellas están destinadas en adaptar a los conductores a la vía y a sus características ya que es prácticamente imposible controlar los hábitos de los animales salvajes. También evitaremos el paso de los animales en el momento que un vehículo este cerca de estos, algo muy común y como se ha dicho anteriormente, un accidente seguro.

La parte mala de esta solución radica en la cantidad de reflejos que se producirán a lo largo de la carretera ya que se colocaran hitos muy próximos unos a otros y durante la noche dará la sensación de un camino guiado con el paso de los coches y no tendrá la calma que de un tramo nocturno en mitad de la naturaleza.

El coste total de estas medidas es de **56.000 euros**.

8 CONCLUSIONES

Por lo general la red de carreteras de la junta de Extremadura está en muy buen estado ya que hace algunos años centraron sus esfuerzos en renovar esta red y actualizar sus trazados en aquellos puntos donde estaba anticuado o era peligroso.

Pero aun, así como hemos podido comprobar, siguen existiendo tramos donde se concentran los accidentes y es por ello que hay que seguir trabajando para eliminar todos estos puntos y hacer de las carreteras un lugar seguro para la conducción.

En nuestro caso hemos tres tramos que no guardaban relación unos con otros, en el primero un error en el diseño del trazado que incumplía norma, posiblemente porque el trazado es más antiguo que la norma, en el segundo un problema atmosférico y en el tercero un problema con la fauna salvaje. De todos el único que se puede considerar un error de construcción es el primero. Es en estos tramos donde se puede apreciar lo difícil que puede llegar a ser crear una nueva carretera sin ningún factor de riesgo, prácticamente imposible ya que siempre hay cosas que se escapan de nuestro alcance. Pero como hemos podido comprobar solo con reunir los datos disponibles del tramo un poco de trabajo y esfuerzo podemos mitigar y en algunos casos eliminar los problemas existentes.

En nuestro caso por menos de 150.000 euros podemos conseguir que tres tramos donde actualmente se concentran accidentes, incluso algún muerto, eliminarlos casi por completo.



Con esto quiero mandar un mensaje a las administraciones para recordar que no solo es necesario la construcción de nuevas infraestructuras que solucionen los problemas de los ciudadanos con comunicaciones entre ciudades en menor tiempo, si no que con una mínima parte del coste de estas infraestructuras se puede llegar a mejorar mucho las infraestructuras actuales y es que no hay que olvidar que es muy importante la conservación de las infraestructuras actuales ya que como dice el dicho, prevenir es mejor que curar.



9 BIBLIOGRAFIA

Normativa

- Instrucción 3.1 IC “Trazado”
- Instrucción 6.1 IC “Sección de firmes”
- Instrucción 8.1 IC “Señalización vertical”

Páginas web y aplicaciones

- www.carreteros.org
- www.basepreciosconstruccion.gobex.es
- www.ign.es
- <https://www.faunaiberica.org/>
- Google Earth

Material de apoyo

- Catedra de explotación y seguridad vial (MATTU)
- Catedra de ingeniería de carreteras (MATTU)
- Mapas de aforo de la Junta de Extremadura (AFOEX)



10 ANEJOS