

Estudios para la redacción del proyecto básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia)

ALTERNATIVA CENTRO. ANÁLISIS DEL TRÁFICO Y DE LA SEGURIDAD VIAL

Trabajo Final de Grado

Curso 2015/2016

Autor: Alejandro Martín-Loeches Romero
Tutor: Francisco Javier Camacho Torregrosa
Cotutor: Ana María Pérez Zuriaga
Titulación: Grado de Ingeniería Civil

Valencia, junio 2016

Estudios para la redacción del proyecto básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia)

Alternativa Centro

Memoria

Trabajo Final de Grado

Curso 2015/2016

*Autor: Ignacio Arteaga Ibáñez
Tutor: Julián Alcalá González
Cotutor: Hugo Coll Carrillo
Titulación: Grado en Ingeniería Civil*

*Autor: Sandra Fernández Benítez
Tutor: Julián Alcalá González
Cotutor: Hugo Coll Carrillo
Titulación: Grado en Ingeniería de Obras Públicas*

*Autor: Carlos Ortega Díaz
Tutor: Julián Alcalá González
Cotutor: Hugo Coll Carrillo
Titulación: Grado en Ingeniería Civil*

*Autor: Isabel García Císcar
Tutor: Francisco Javier Camacho Torregrosa
Cotutor: Ana María Pérez Zuriaga
Titulación: Grado en Ingeniería Civil*

*Autor: Alejandro Martín-Loeches Romero
Tutor: Francisco Javier Camacho Torregrosa
Cotutor: Ana María Pérez Zuriaga
Titulación: Grado en Ingeniería Civil*

*Autor: Alba Mascarell Gómez
Tutor: Eduardo Albentosa Hernández
Cotutor: Ignacio Andrés Domenech
Titulación: Grado en Ingeniería de Obras Públicas*

*Autor: Sergio Olivas Valera
Tutor: Ignacio Andrés Domenech
Cotutor: Eduardo Albentosa Hernández
Titulación: Grado en Ingeniería Civil*

*Autor: Olga Almenar Guiot
Tutor: Ana María Pérez Zuriaga
Cotutor: Francisco Javier Camacho Torregrosa
Titulación: Grado en Ingeniería Civil*

*Autor: Antonio Araque Andreu
Tutor: Inmaculada Romero Gil
Titulación: Grado en Ingeniería Civil*

*Autor: José Luis Cola Romero
Tutor: Inmaculada Romero Gil
Titulación: Grado en Ingeniería Civil*

*Autor: Véronique Valero Cercón
Tutor: María Elvira Garrido de la Torre
Titulación: Grado en Ingeniería de Obras Públicas*



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



DOCUMENTO N°1

MEMORIA GENERAL TFG MULTIDISCIPLINAR

ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA)

ALUMNOS QUE FORMAN PARTE DEL TRABAJO FINAL DE GRADO MULTIDISCIPLINAR BAJO EL TÍTULO GENÉRICO:
“ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA)”

Alumno	Subtítulo
Arteaga Ibáñez, Ignacio	Alternativa Centro. Estudio de soluciones y diseño estructural del puente sobre el barranco del Remedio y CV-346.
Fernández Benítez, Sandra	Alternativa Centro. Estudio de soluciones y diseño estructural del puente sobre el barranco del Montú.
Ortega Díaz, Carlos	Alternativa Centro. Estudio de soluciones y diseño estructural del puente en el Rincón del Calvo.
García Císcar, Isabel	Alternativa Centro. Diseño geométrico y del firme
Martín-Loeches Romero, Alejandro	Alternativa Centro. Análisis del tráfico y de la seguridad vial
Mascarell Gómez, Alba	Alternativa Centro. Estudio hidrológico y de drenaje
Olivas Valera, Sergio	Alternativas Norte y Centro. Estudio hidráulico y de afección a cauces.
Martínez Gandía, Martín	Alternativa Norte. Estudio de soluciones y diseño estructural del puente sobre el barranco del Remedio y CV-346.
Ortuño Ortuño, Antonio	Alternativa Norte. Estudio de soluciones y diseño estructural de las subestructuras
Cardona Guerrero, Eduardo	Alternativa Norte. Estudio de soluciones y diseño estructural del puente sobre el barranco del Montú.
Cervera Martínez, Guillem	Alternativa Norte. Diseño geométrico y del firme
Anglés Sancho, Raül	Alternativa Norte. Diseño de los nudos
López de la Torre, Rocío	Alternativa Norte. Estudio hidrológico y de drenaje
España Monedero, Fernando	Alternativa Sur. Estudio de alternativas y diseño estructural del segundo puente sobre el río Chelva.
Catalán Pérez, Jorge	Alternativa Sur. Estudio de alternativas y diseño estructural del primer puente sobre el río Chelva.
Sevilla Fernández, Marcos	Alternativa Sur. Estudio de alternativas y diseño estructural del puente sobre el barranco del Convento.
Martínez Ribes, Sergi	Alternativa Sur. Diseño geométrico y del firme
Pastor Martín, Guillermo	Alternativa Sur. Diseño de los nudos
Sánchez Reimers, Jaime	Alternativa Sur. Estudio hidrológico y de drenaje
Arenas Huerta, María	Alternativa Sur. Estudio hidráulico y de afección a cauces.
Almenar Guiot, Olga	Análisis de la situación actual y propuesta de mejoras
Araque Andreu, Antonio	Estudio de Impacto Ambiental en todos los corredores. Análisis sobre el Medio Físico
Cola Romero, José Luis	Estudio de Impacto Ambiental en todos los corredores. Análisis sobre el Medio Biótico
Valero Cercós, Véronique	Estudio Geológico y comprobaciones Geotécnicas



MEMORIA GENERAL

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.....	2
2. OBJETO.....	2
3. SITUACIÓN ACTUAL.....	3
4. EQUIPOS.....	4
5. MÉTODO DE TRABAJO	5
6. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	5
7. VALORACIÓN ECONÓMICA.....	6



1. ANTECEDENTES

La población de Chelva es un municipio de la Comunidad Valenciana, España. Situado en el interior de la provincia de Valencia, en la comarca de Los Serranos, también conocida como "Alto Turia". Se encuentra a una distancia de 68 km de Valencia, al noroeste de la provincia, y a una altitud de 471 metros sobre el nivel del mar. Con una extensión de 191 km², su población censada en el año 2015 es de 1463 habitantes.

La carretera objeto de estudio, atraviesa Chelva de este a oeste. Se caracteriza por un volumen de tráfico medio, con relativamente elevado porcentaje de pesados. Al tratarse de la vía principal de conexión entre la comarca de los Serranos y Valencia es inevitable el paso de vehículos pesados. Sin embargo, este volumen de tráfico, que discurre por el núcleo urbano de Chelva, genera una serie de inconvenientes que se detallan a continuación:

- Funcionalidad deficiente de la infraestructura.
- Problemas de seguridad vial.
- Dificultades en materia de accesibilidad.
- Elevada contaminación acústica.
- Contaminación atmosférica.

Como consecuencia de esta problemática surge la necesidad de estudiar la construcción de una variante a dicha carretera, de forma que se evite el paso de gran número de vehículos pesados por la travesía del municipio, reduciendo los problemas descritos anteriormente.

2. OBJETO

El presente trabajo se redacta en calidad de Trabajo Fin de Grado (TFG) por los alumnos especificados en el apartado 4 de esta memoria, pertenecientes a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (ETSICCP) de la Universitat Politècnica de València (UPV).

La realización de este trabajo tiene como finalidad la obtención del título de GRADUADO EN INGENIERIA CIVIL o GRADUADO EN OBRAS PÚBLICAS, dependiendo de la titulación cursada por cada alumno.

El trabajo final de grado denominado ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA) se ha redactado de manera conjunta entre veinticuatro alumnos de diferente especialidad.

A partir de la problemática actual en la carretera CV- 35, comentada en el apartado 1, se ha realizado el estudio de tres variantes de construcción de la carretera en el tramo de travesía del municipio de Chelva.

3. SITUACIÓN ACTUAL

En el momento de concebir una obra civil debe abordarse el problema a resolver desde todos los puntos de vista posibles según las distintas disciplinas involucradas en este proyecto y que forman parte de los estudios de Grado en Ingeniería Civil y Grado en Ingeniería de Obras Públicas.

Por este motivo, se han formado grupos de trabajo compuestos por compañeros encargados de los diferentes enfoques de la problemática, y se han repartido en diferentes alternativas para acometer el estudio de tres variantes con el mismo objetivo: eliminar el tramo de travesía de la carretera CV-35 a su paso por Chelva, la cual presenta además un importante volumen de tráfico pesado, que causa una especial problemática en el tramo urbano.

Las alternativas preconcebidas para este estudio básico son las tres siguientes:

- Alternativa Sur 1: circunvalación por el sur del núcleo urbano de Chelva, al norte del cauce del río.
- Alternativa Sur 2: circunvalación por el sur del cauce del río y paralela al mismo en gran parte de su recorrido.
- Alternativa Norte: circunvalación por el norte del núcleo urbano de Chelva.

A continuación se muestra a un esquema previo de las alternativas.



Fig. 1. Trazado inicial de las alternativas planteadas. Elaboración propia.

La orografía de la zona presenta numerosos accidentes geográficos, debiendo plantear diferentes estructuras de paso, con una necesidad latente de estudios geotécnicos, hidrológicos y de impacto ambiental.

Además, el término municipal de Chelva presenta numerosos yacimientos arqueológicos, bienes de relevancia local, de interés cultural y otros hitos a proteger, condicionando altamente las opciones de trazado.

En el Plan General del municipio se realizó una reserva de suelo al norte del casco urbano de Chelva para prever la ejecución de una variante previamente planteada para la CV-35.

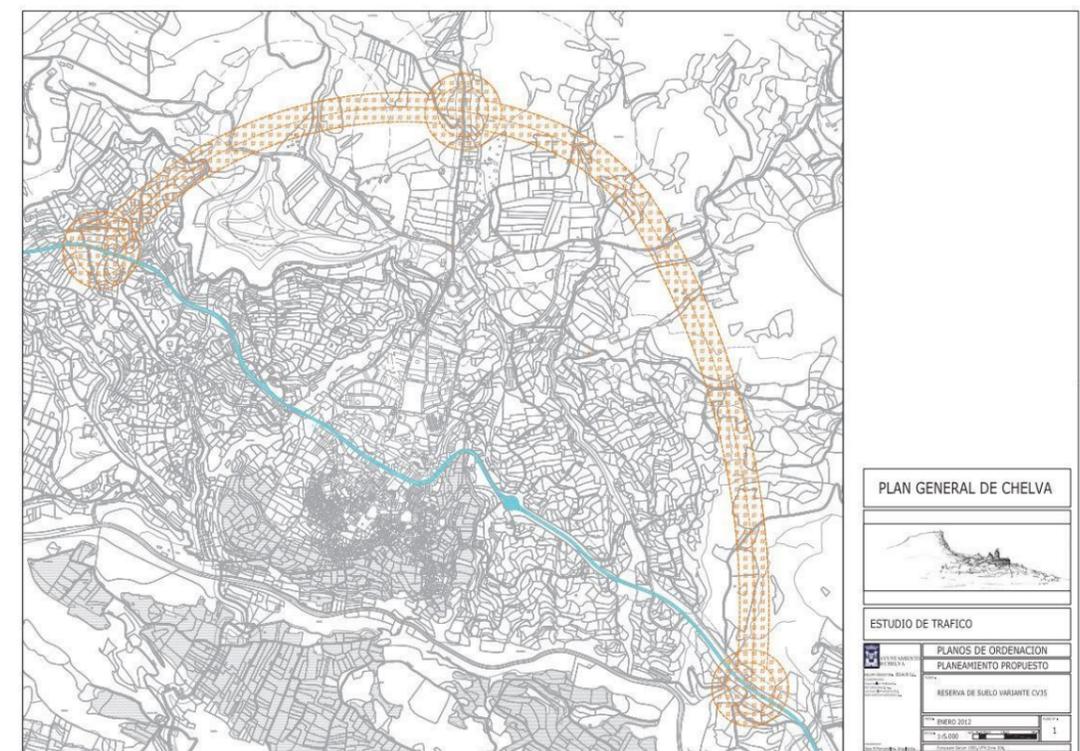


Fig. 2. Trazado inicial de las alternativas planteadas. Elaboración propia.

Para acometer este estudio básico no se ha tenido en cuenta el contenido de este plano de ordenamiento, realizando el trazado desde la fase inicial de concepción.

Tras analizar toda la información y legislación vigente, se llegó a la conclusión de que la Alternativa Sur 1 no era viable. El Decreto 168/2012, de 2 de noviembre, del Consell, por el que se declara bien de interés cultural, con la categoría de conjunto histórico, la Villa de Chelva y sus huertas, en Chelva obligó a modificar las alternativas.

Finalmente, después de la visita de campo y, teniendo en cuenta la legislación vigente, la alternativa Sur 1 fue descartada, apareciendo la alternativa Centro en su lugar.

Los trazados definitivos se muestran en la figura 3.



Fig. 1. Trazado inicial de las alternativas planteadas. Elaboración propia.

4. EQUIPOS

Para la realización de este trabajo multidisciplinar, se ha dividido a los veinticuatro alumnos en cuatro grupos distintos. Los tres primeros grupos se centran en una alternativa concreta: *Norte*, *Centro* o *Sur*. De esta manera, los estudiantes pertenecientes a estos grupos se encargan de estudiar el diseño de la variante, las estructuras necesarias para llevarla a cabo y los aspectos hidrológicos e hidráulicos.

El último grupo de trabajo, llamado *Estudios Generales*, está compuesto por los alumnos que desarrollan estudios que afectan a todas las alternativas.

La organización, por alternativas, de cada grupo de trabajo es la siguiente:

Alternativa Norte	
Alumno	Estudio
Martínez Gandía, Martín	Estudio de soluciones y diseño estructural del puente sobre el barranco del Remedio y CV-346.
Ortuño Ortuño, Antonio	Estudio de soluciones y diseño estructural de las subestructuras
Cardona Guerrero, Eduardo	Estudio de soluciones y diseño estructural del puente sobre el barranco del Montú.
Cervera Martínez, Guillem	Diseño geométrico y del firme
Anglés Sancho, Raúl	Diseño de los nudos
López de la Torre, Rocío	Estudio hidrológico y de drenaje
Olivas Valera, Sergio	Estudio hidráulico y de afección a cauces.

Alternativa Centro	
Alumno	Estudio
Arteaga Ibáñez, Ignacio	Estudio de soluciones y diseño estructural del puente sobre el barranco del Remedio y CV-346.
Fernández Benítez, Sandra	Estudio de soluciones y diseño estructural del puente sobre el barranco del Montú.
Ortega Díaz, Carlos	Estudio de soluciones y diseño estructural del puente en el Rincón del Calvo.
García Císcar, Isabel	Diseño geométrico y del firme
Martín-Loeches Romero, Alejandro	Análisis del tráfico y de la seguridad vial
Mascarell Gómez, Alba	Estudio hidrológico y de drenaje
Olivas Valera, Sergio	Estudio hidráulico y de afección a cauces.

Alternativa Sur	
Alumno	Estudio
España Monedero, Fernando	Estudio de alternativas y diseño estructural del segundo puente sobre el río Chelva.
Catalán Pérez, Jorge	Estudio de alternativas y diseño estructural del primer puente sobre el río Chelva.
Sevilla Fernández, Marcos	Estudio de alternativas y diseño estructural del puente sobre el barranco del Convento.
Martínez Ribes, Sergi	Diseño geométrico y del firme
Pastor Martín, Guillermo	Diseño de los nudos
Sánchez Reimers, Jaime	Estudio hidrológico y de drenaje
Arenas Huerta, María	Estudio hidráulico y de afección a cauces.

Estudios generales	
Alumno	Estudio
Almenar Guiot, Olga	Análisis de la situación actual y propuesta de mejoras
Araque Andreu, Antonio	Estudio de Impacto Ambiental en todos los corredores. Análisis sobre el Medio Físico
Cola Romero, José Luis	Estudio de Impacto Ambiental en todos los corredores. Análisis sobre el Medio Biótico
Valero Cercós, Véronique	Estudio Geológico y comprobaciones Geotécnicas



5. MÉTODO DE TRABAJO

La metodología empleada para desarrollar este Trabajo Fin de Grado puede dividirse en diferentes fases, todas ellas basadas en la interrelación entre los alumnos, tanto los pertenecientes a un grupo de alternativa como con los componentes del grupo de estudios generales.

La primera de ellas, basada en la adquisición de conocimientos, se lleva a cabo mediante la realización de seminarios temáticos, a partir de septiembre de 2015, para conocer métodos y aprender a utilizar las herramientas de trabajo específicas para poder aplicar los conocimientos adquiridos en el grado a la resolución de un problema real. Estos seminarios incluyen desde la obtención de datos hasta el manejo de software (AutoCAD Civil 3D, HEC-RAS, SAP, Bridge...). Además, están dirigidos tanto a los alumnos de la especialidad impartida como a los de todas las demás.

La segunda de las fases consiste en la obtención de datos base, como la toma de datos geológicos, afloramientos, etc. Para esto, se realizó una visita de campo en enero de 2016 para conocer el terreno por el que discurren las distintas alternativas, y el estado actual de la CV-35. Se realizó además un aforo de tráfico y un reportaje fotográfico.

La tercera de las fases se basa en talleres semanales de trabajo en grupo, a partir de febrero de 2016, para facilitar los intercambios de información entre alumnos, abordar conjuntamente los problemas y buscar la solución óptima. En estos talleres se tiene la oportunidad de comentar el avance de los estudios individuales tanto entre alumnos, como entre alumnos y tutores.

Este método consigue la interacción de todos los participantes a la hora de proponer mejoras sobre el diseño de cada una de las alternativas y solucionar los problemas que van surgiendo a lo largo de la redacción de los estudios.

6. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Entre las alternativas propuestas, la que produce un menor impacto global sobre el medio es la Alternativa Centro. Durante la fase de construcción es la que menos efectos negativos genera, mientras que en la fase de explotación genera unos impactos similares a los de la Norte ya que su trazado es bastante similar en una gran parte del mismo, difiriendo en la longitud. Por otra parte, la Alternativa Sur genera un gran impacto, principalmente por tratarse de un área mucho menos antropizada y por la dificultad para integrar paisajísticamente las obras de paso sobre el río Chelva.

Las principales diferencias de la Alternativa Centro respecto a las otras alternativas son:

- Menor longitud de trazado.
- Menor superficie a expropiar.
- Elevado número de caminos rurales que reducirán la necesidad de crear nuevas vías de acceso temporales durante la fase de construcción.
- Obras de paso de menor envergadura respecto a la Sur.
- Presenta una mejor conectividad con la CV-346.
- Mejor integración paisajística que las otras dos alternativas.
- Menor impacto sobre la economía local durante la fase de explotación.



7. VALORACIÓN ECONÓMICA

En el presente apartado se lleva a cabo una valoración del coste económico asociado al conjunto de las unidades de obra previstas a ejecutar en el estudio de soluciones.

La valoración económica se realiza mediante la definición de las unidades de obra correspondientes, que serán en su gran mayoría comunes a las tres alternativas, siendo su resultado el producto del precio unitario de cada una por su medición.

En los siguientes apartados se resumen los resultados generados por las tres alternativas agrupados en un total de 9 capítulos, correspondiendo éstos a la base del presupuesto de la obra lineal.

Capítulo	Alternativa Sur	Alternativa Centro	Alternativa Norte
Capítulo 1: Movimiento de tierras y demoliciones	1.360.156,72 €	224.139,46 €	1.902.735,53 €
Capítulo 2: Firmes y pavimentos	661.824,16 €	662.749,13 €	1.238.084,83 €
Capítulo 3: Obras hidráulicas	251.750,94 €	108.749,4 €	52.294,84 €
Capítulo 4: Estructuras	5.997.459,68 €	1.872.817,02 €	4.107.858,03 €
Capítulo 5: Adecuación ambiental	194.179 €	194.179 €	194.179 €
Capítulo 6: Señalización y balizamiento.	72.000 €	54.000 €	6.082,33 €
Capítulo 7: Drenaje	89.100 €	75.250 €	89,100 €
Capítulo 8: Seguridad y Salud	171.694,94 €	171.694,94 €	171.694,94 €
Capítulo 9: Gestión de residuos.	171.694,94 €	171.694,94 €	171.694,94 €
Total	8.916.942,73 €	5.552.274,91 €	7.598.150,60 €



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



DOCUMENTO N°2

MEMORIA Y ANEJOS

ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA)
ALTERNATIVA CENTRO



ALUMNOS QUE FORMAN PARTE DE LA ALTERNATIVA **CENTRO**

Alumno	Estudio
Arteaga Ibáñez, Ignacio	Estudio de soluciones y diseño estructural del puente sobre el barranco del Remedio y CV-346.
Fernández Benítez, Sandra	Estudio de soluciones y diseño estructural del puente sobre el barranco del Montú.
Ortega Díaz, Carlos	Estudio de soluciones y diseño estructural del puente en el Rincón del Calvo.
García Císcar, Isabel	Diseño geométrico y del firme
Martín-Loeches Romero, Alejandro	Análisis del tráfico y de la seguridad vial
Mascarell Gómez, Alba	Estudio hidrológico y de drenaje
Olivas Valera, Sergio	Estudio hidráulico y afección a cauces

ALUMNOS QUE REALIZAN **ESTUDIOS GENERALES** INCLUIDOS EN EL DOCUMENTO

Alumno	Estudio
Almenar Guiot, Olga	Análisis de la situación actual y propuesta de mejoras
Araque Andreu, Antonio	Estudio de Impacto Ambiental en todos los corredores. Análisis sobre el Medio Físico
Cola Romero, José Luis	Estudio de Impacto Ambiental en todos los corredores. Análisis sobre el Medio Biótico
Valero Cercós, Véronique	Estudio Geológico y comprobaciones Geotécnicas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA)

ALTERNATIVA CENTRO



Documentos	Alumno
Memoria	Todos
Valoración económica	Todos

Anejo	Alumno
Geología y geotecnia	Valero Cercón, Véronique
Hidrología y drenaje	Mascarell Gómez, Alba
Situación actual	Almenar Guiot, Olga
Tráfico	Martín-Loeches Romero, Alejandro
Diseño geométrico	García Císcar, Isabel
Seguridad vial	Martín-Loeches Romero, Alejandro
Firmes	García Císcar, Isabel
Estructuras. Puente sobre el barranco del Remedio y CV-346	Arteaga Ibáñez, Ignacio
Estructuras. Puente sobre el barranco del Rincón del Calvo	Ortega Díaz, Carlos
Estructuras. Puente sobre el barranco del Montú	Fernández Benítez, Sandra
Estudio hidráulico y de afección a cauces	Olivas Valera, Sergio

Índice de planos	Alumno
1. Localización	
2. Situación actual	Almenar Guiot, Olga
3. Diseño geométrico del tronco principal	García Císcar, Isabel
3.1. Planta general	
3.2. Planta y perfil	
3.3. Secciones tipo	
3.4. Secciones transversales	
4. Estructuras	
4.1. Puente sobre el barranco del Remedio y CV-346	Arteaga Ibáñez, Ignacio
4.2. Puente sobre el barranco del Montú	Fernández Benítez, Sandra
4.3. Puente sobre el barranco del Rincón del Calvo	Ortega Díaz, Carlos
5. Hidráulica	
5.1. Puente sobre el barranco del Remedio	Olivas Valera, Sergio
5.2. Puente sobre el barranco del Montú	
6. Impacto Ambiental	Cola Romero, José Luis



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



MEMORIA

ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA)
ALTERNATIVA SUR



MEMORIA ALTERNATIVA CENTRO

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.....	3
2. OBJETO.....	3
3. LOCALIZACIÓN.....	3
4. SITUACIÓN ACTUAL.....	4
4.1. Propuestas de mejora de la travesía	4
5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	4
5.1. Geología y geotecnia.....	4
5.1.1. Geología	4
5.1.2. Geotecnia	5
5.2. Hidrología y drenaje.....	6
5.3. Estudio de tráfico.....	7
5.4. Trazado.....	8
5.5. Estudio de Seguridad Vial.....	9
5.6. Firmes.....	9
5.7. Estructuras.....	10
5.8. Afección a cauces.....	11
6. VALORACIÓN DE LA SOLUCIÓN	12
6.1. Valoración económica.....	12
6.2. Presupuesto de ejecución material.....	12



1. ANTECEDENTES.

El municipio de Chelva, situado en el interior de la provincia de Valencia, en la comarca de Los Serranos, se ve atravesado por la carretera autonómica CV-35, la cual transcurre desde la ciudad de Valencia hasta la comarca del Rincón de Ademuz.

Esta carretera viene caracterizada por un volumen de tráfico medio con un destacable porcentaje de pesados, lo que genera, a su paso por el municipio de Chelva, numerosos inconvenientes, entre los que cabe destacar la contaminación acústica, la mala funcionalidad y seguridad vial, las afecciones sobre elementos situados en la travesía,...

Por los motivos anteriores viene motivado este estudio para la redacción del Proyecto Básico de la variante a la carretera CV-35 a su paso por Chelva, cuyo objetivo es la eliminación de los inconvenientes anteriormente nombrados.

2. OBJETO.

El presente Trabajo Final de Grado *Estudios para la redacción del proyecto básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia)* consiste en la definición del proyecto constructivo de una variante a la carretera CV-35 a su paso por Chelva, para eliminar o mitigar los problemas que se dan actualmente en dicho tramo.

Estos problemas que se presentan en el tramo son principalmente la disminución de la seguridad vial dentro de la población de Chelva debido a la poca sección de la calzada para el paso de los vehículos pesados procedentes de las instalaciones industriales cercanas al municipio y alrededores, y tiempos de recorrido elevados por la acumulación de pesados.

Ante esta situación y a la vista de una posible expansión de las actividades en dichos polígonos industriales y agrícolas en la zona, se hace necesario el desarrollo del presente trabajo de manera que se mejore la velocidad de desplazamiento y aumente la seguridad vial.

3. LOCALIZACIÓN.

Chelva es un municipio de la Comunidad Valenciana, situado en el interior de la provincia de Valencia (Figura 1), concretamente en la comarca de Los Serranos, también conocida como "Alto Turia". Cuenta con una superficie de 190,6 km², linda al norte con los términos de La Yesa, Andilla, Alpuente y Titaguas, al este con Calles, Domeño y Loriguilla, al sur con Loriguilla, Utiel y Requena, al oeste con Benagéber y Tuéjar, todas en la provincia de Valencia.



Figura 1. Localización Chelva



Figura 2. Chelva

Esta alternativa para por una zona próxima al municipio, volteándolo por el Norte, como muestra la Figura 3.

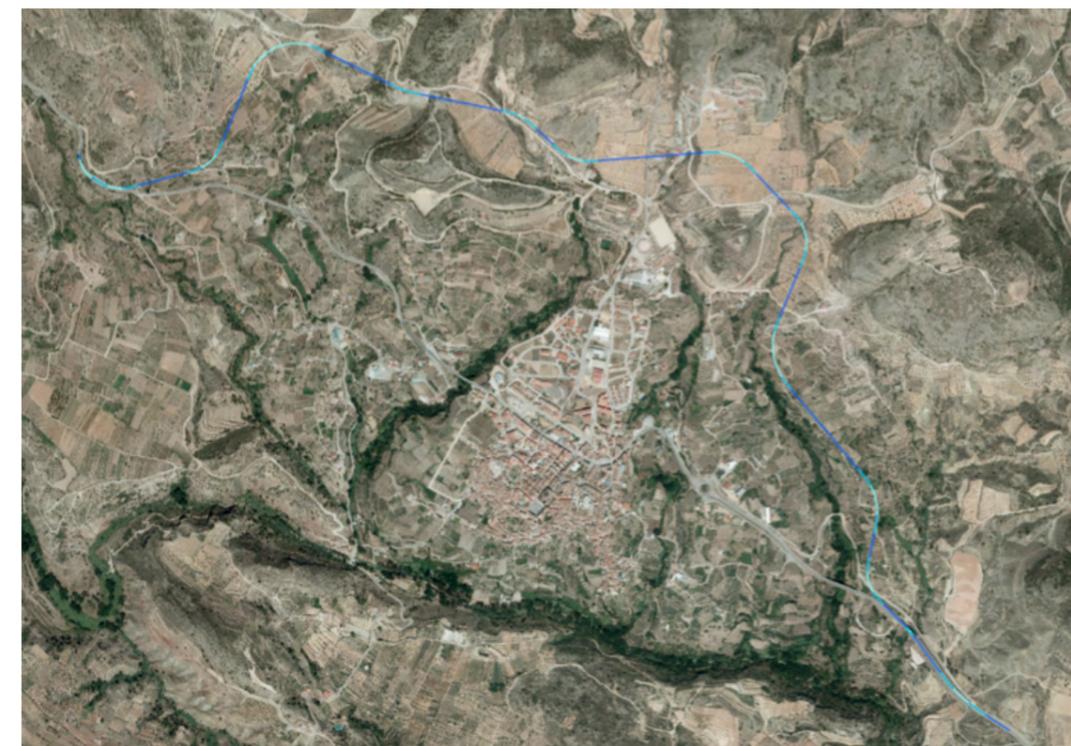


Figura 3. Localización alternativa centro



4. SITUACIÓN ACTUAL.

La carretera CV-35 es una carretera de la provincia de Valencia, que comunica la ciudad de Valencia con el noroeste de la provincia. Popularmente es conocida como la Pista de Ademúz ya que tiene como referencia final la comarca del Rincón de Ademúz. Se convierte en travesía entre los PK 67+400 y el P.K 68+200.

Dicha travesía soporta un tráfico de 2497 vehículos/día con un porcentaje de pesados del 5,4%, calculados a partir de un aforo manual tomado en enero de 2016 complementado con la estación afín CV-35-080. Se prevé para el año de puesta en servicio (2018) un tráfico de 2569 vehículos, con una tasa de crecimiento anual acumulativo del 1.44%.

En vías interurbanas, el Highway Capacity Manual 2010 define seis niveles de servicio para un régimen continuo de circulación, es decir, sin detenciones producidas por intersecciones o semáforos. Estos niveles se hallan numerados de la A a la F, en orden decreciente de calidad El nivel de servicio actual de la travesía calculado como carretera de clase III según el Highway Capacity Manual 2010 es C. En el año horizonte (2018) se prevé el mismo nivel de servicio.

Este tráfico supone importantes interacciones entre diferentes flujos de tráfico: vehículos, vehículos pesados, peatones, bicicletas, etc. Ello supone la existencia de conflictos de tráfico. Los más destacables involucran a vehículos pesados que circulan por la travesía. En varios puntos de la misma dos vehículos pesados no pueden pasar por el mismo punto al mismo tiempo.

Según datos oficiales se han producido accidentes en la travesía, todos ellos con carácter leve y producidos en las intersecciones cuya causa ha sido, en la mayoría de los casos, una infracción de las normas de la seguridad vial.

4.1. Propuestas de mejora de la travesía

En el tramo de carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva, se han encontrado una serie de problemas los cuales se pretenden solucionar.

En primer lugar, se propone la creación de distintos itinerarios peatonales, actualmente inexistentes, que evitarían algunos de los conflictos detectados entre peatones y vehículos que circulan por la travesía.

Además, se propone la reubicación de algunas plazas de aparcamiento para mejorar la circulación de vehículos (tanto ligeros como pesados) por el municipio, habilitando un aparcamiento en la parte norte.

Se realizará la propuesta de mejorar la intersección entre la Av/Madereros y C/Mártires, dado que es una zona donde se producen la mayor parte de los conflictos detectados entre los diferentes flujos de tráfico.

Por último, se propone realizar una mejora del acceso al municipio desde Tuéjar, creando una puerta de entrada al núcleo urbano, con la creación de una glorieta o carril de espera, para mejorar, además, los accesos a otros puntos del municipio.

5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.

5.1. Geología y geotecnia.

A falta de la redacción del Estudio Geológico-Geotécnico correspondiente a este proyecto, se describen los materiales considerados y los datos empleados para la realización del mismo:

5.1.1. Geología

Relación de materiales localizados en el área de estudio, ordenados en orden decreciente de antigüedad:

Triásico. Buntsandstein

- T_B: Areniscas silíceas, rosadas y blancas, con arcillas micáceas.

Triásico. Muschelkalk

- T_{M1}: Dolomías grises y negras con arenisca dolomítica. Calizas dolomíticas.
- T_{M2}: Arcillas y margas rojas, amarillas e irisadas, con yesos y anhidrita.
- T_{M3}: Dolomías negras con calizas o calizo-dolomías grises y ocreas.

Triásico. Keuper

- T_K: Margas abigarradas con yesos y sales solubles.
- T_{Ky}: Yesos cristalinos con arcillas rojizas y verdosas.

Jurásico. Hettangiense-Pliensbachiense

- J₁₁₋₁₃: Dolomías vacuolares, calizas con ostrácodos, calizas oquerosas, calizas dolomitizadas, calizas brechoideas, dolomías oquerosas, calizas con oolitos y calizas con sílex y lumaquelas.

Cuaternario

- Q_a: Depósitos aluviales. Gravas y arenas.



A continuación se detalla la distribución a lo largo de la traza de la carretera Tabla 1:

PK _{inicio}	PK _{final}	MATERIAL
0+000	0+756,54	T _K
0+756,54	0+868,77	T _{M2}
0+868,77	1+490,35	Q _a
1+490,35	2+168,05	T _{M3}
2+168,05	3+537,95	Q _a
3+537,95	3+775,82	T _{M3}
3+775,82	4+788,57	Q _a

Tabla 1. Distribución a lo largo de la traza

Otras consideraciones que se debe considerar:

- Zona no sísmica.

5.1.2. Geotecnia

Estabilidad de taludes

En roca:

- T_{M1}
- T_{M3}
- J₁₁₋₁₃

Admiten taludes verticales. Se recomienda saneo y/o sostenimiento según tamaño de bloque.

En suelos:

- T_{M2}: 1H:3V hasta 9m.
- T_K: 1H:3V hasta 8m.
- T_{Ky}: 1H:3V hasta 9m.
- Q_a: 2,5H:1V hasta 3m.

Datos obtenidos mediante el programa informático SLIDE, según los métodos de Bishop y Janbú simplificados. La altura indicada es la máxima que verifica los coeficientes de estabilidad global de los taludes para ambos métodos.

Estudios para el cálculo de cimentaciones en suelos:

La siguiente Tabla 2 presenta los valores de la carga de hundimiento, en kPa, de los suelos, obtenidos según el método de Brinch-Hansen para un área eficaz de 1m² y distintos planos de cimentación, D.

	Carga de hundimiento, q _h (kPa)				
	D≤1m	D=2m	D=3m	D=4m	D=5m
T _k	2024,8	2534,5	3090,5	3624,2	4147,7
T _{m2}	2091,4	2525,2	3001,8	3452,4	3891,2
T _{ky}	2050,8	2445,9	2881,0	3289,8	3686,7
Q _a	210,2	415,4	635,4	856,6	1078,1

Tabla 2. Valores carga de hundimiento

Por último, se indican las tensiones máximas admisibles, en kPa, correspondientes a un factor de seguridad F=3 (Tabla 3).

	Tensión máxima admisible, σ _{adm} (kPa)				
	D≤1m	D=2m	D=3m	D=4m	D=5m
T _k	674,9	844,8	1030,2	1208,1	1382,6
T _{m2}	697,1	841,7	1000,6	1150,8	1297,1
T _{ky}	683,6	815,3	960,3	1096,6	1228,9
Q _a	70,1	138,5	211,8	285,5	359,4

Tabla 3. Tensiones máximas admisibles

Estudios para el cálculo de cimentaciones en roca:

Aplicando el apartado 4.5.3 de la Guía de cimentaciones en obras de carretera, se han obtenido los siguientes valores de presión admisible (coeficiente de seguridad implícito):

$$T_{M1} = 1,92\text{MPa}$$

$$T_{M3} = 1,55\text{MPa}$$

$$J_{11-13} = 3,5\text{MPa (Torrecilla-La Gitana); } 2,22\text{MPa (El Barco-Norte); } 4,7\text{MPa (Norte final).}$$



5.2. Hidrología y drenaje.

El objetivo del estudio hidrológico del drenaje, es principalmente la obtención de los caudales pico de crecida que genera el sistema hidrológico de la zona de estudio para diferentes periodos de retorno. Una vez obtenidos los caudales de crecida se pueden dimensionar las obras de drenaje transversal y longitudinal.

Para poder obtener los caudales de crecida en primer lugar se define el sistema hidrológico, para seguidamente poder caracterizarlo obteniendo sus características hidromorfométricas.

Seguidamente se estima el parámetro de producción de escorrentía. Para la obtención de este parámetro, se definirán los usos del suelo que forman la cubierta de nuestra zona de estudio, esta información la obtendremos del SIOSE. También se definirá la capacidad de uso para el suelo agrícola, suministrada por el COPUT además de la pendiente del terreno. Finalmente para la obtención del umbral de escorrentía se implementará la información obtenida en la tabla del BORM (Boletín Oficial de la región de Murcia).

P ₀	
IC1	14.16
SC2	10.85
IC3	14.38
SC4	10.31
IC5	9.57
SC6	10.43
IC7	11.72
SC8	10.05
IC9	14.82
SC10	12.14
SC11	13.83
IC12	14.35
SC13	35
SC14	29.5
IC15	35
SC16	15.54

Tabla 4. Cuantiles de Pd máxima anual adoptados para la cuenca

La serie histórica de la pluviometría de la zona se ha obtenido del resultado de completar los registros de dos estaciones de aforos, la cual llamamos Chelva-Tuéjar. A continuación se obtienen los cuantiles de precipitación máxima anual para poder realizar un análisis estadístico de máximos pluviométricos. Para ello se han empleado las distribuciones siguientes ajustadas por máxima verosimilitud. Gumbel, General Extreme Value (GEV),

Two Component Extreme Value (TCEV) y Square Root Exponential Type Distribution of the Maximum (SQRT-ETmax).

PERIODO DE RETORNO	CUANTILES
10	78.372
25	143.811
50	210.775
100	277.382
200	343.73
500	431.272

Tabla 5. Cuantiles de precipitación máxima anual

Para la transformación lluvia-escorrentía, dadas las características de la cuenca, la imposibilidad de calibrar con fiabilidad el modelo hidrológico y los requerimientos de la modelación hidráulica, se ha empleado el método de Témez Modificado. A continuación se han comparado las curvas IDF con la formulación de Témez (1978) y la formulación de Salas (2005), adoptando finalmente las curvas de intensidad-duración y frecuencia IDF de Salas (2005), para calcular los caudales de crecida.

	IC1	SC2	IC3	SC4	IC5	SC6	IC7	SC8	IC9	SC10	SC11	IC12	SC13	SC14	IC15	SC16
10	1.0	3.0	0.2	1.2	0.2	3.3	0.6	4.5	0.4	2.5	0.4	0.3	0.01	0.04	0.01	2.9
25	3.5	9.2	0.7	3.6	0.7	10.0	1.9	13.8	1.3	8.2	1.5	0.9	0.3	0.3	0.2	10.5
50	6.8	17.0	1.4	6.5	1.3	18.2	3.6	25.2	2.4	15.4	2.9	1.8	0.9	0.7	0.5	20.8
100	10.5	25.3	2.1	9.6	1.9	27.0	5.4	37.5	3.8	23.2	4.5	2.7	1.6	1.3	0.9	32.4
200	14.3	33.9	2.9	12.9	2.5	36.1	7.3	50.1	5.2	31.3	6.1	3.8	2.4	1.9	1.4	44.7
500	19.6	45.5	4.0	17.2	3.3	48.3	9.8	67.1	7.1	42.3	8.4	5.1	3.7	2.7	2.0	61.6

Tabla 6. Caudales de crecida

Una vez obtenidos los caudales de crecida se prosigue con el esquema de las inundaciones externas e internas que nos definirán las obras de drenaje longitudinal y transversal que se han de dimensionar. Por una parte se calculan los caudales del sistema hidrológicos vertientes a la carretera, por otra, se calculan los caudales que aporta la plataforma de la propia traza.

A continuación se muestra el esquema de las ODTs y las ODLs.

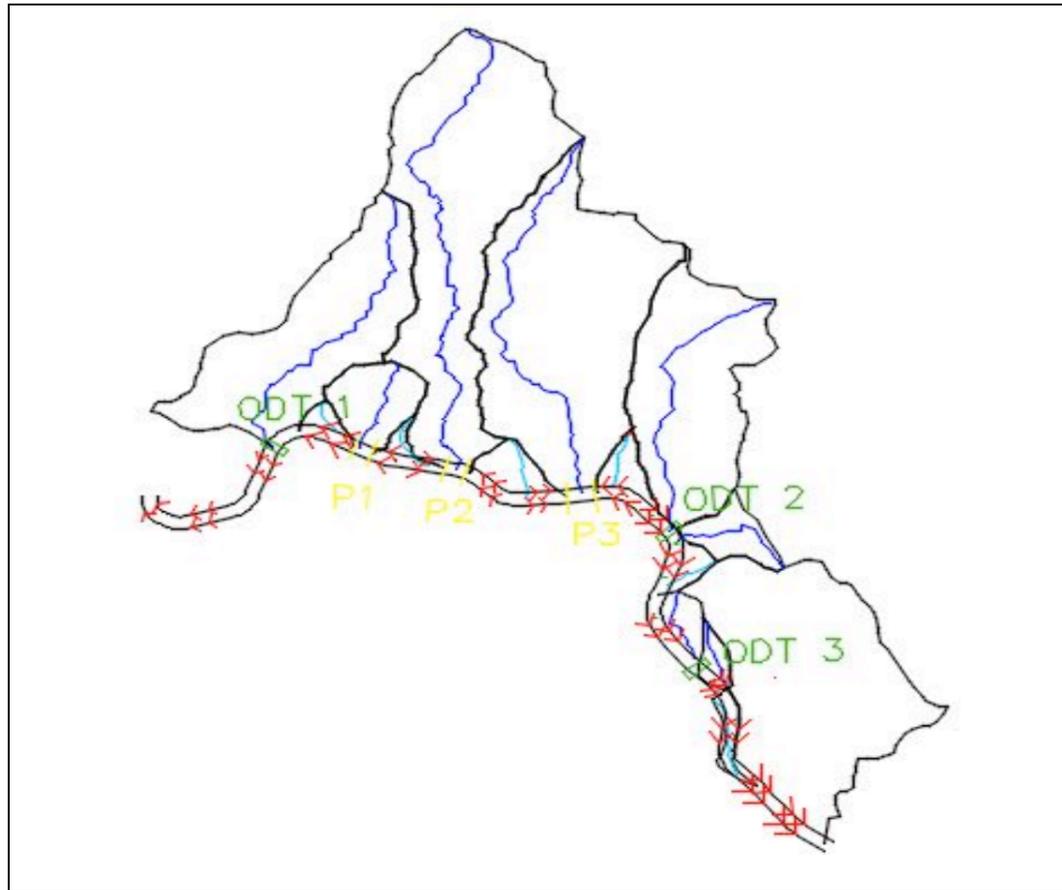


Figura 4: Esquema de drenaje longitudinal y transversal

5.3. Estudio de tráfico.

En el anejo correspondiente al análisis del tráfico se pretende estudiar el volumen de vehículos que circulan por el trazado actual de la CV-35 a su paso por el municipio de Chelva y estimar el volumen potencial que soportaría la nueva variante objeto de estudio, para que una vez obtenidos los resultados principales del anejo tales como la IMD que determinará la capacidad y el nivel de servicio de la vía, éstos puedan ser de aplicación en los restantes anejos de este estudio básico.

Para empezar se realizó el estudio del flujo de tráfico actual mediante la toma de datos en aforos manuales. Los datos obtenidos durante una de las visitas a la zona de actuación son puestos en comparación con los proporcionados por una estación afín. Mediante reglas de tres se obtuvo la IMD (intensidad media diaria) en la actualidad, debido a que el aforo manual realizado en un día laborable tuvo una duración de seis horas. Se muestran los resultados a continuación:

$$I_{lab,6h,1,aforo} = 923 \rightarrow IMD_{año,1} = 2497 \text{ veh/día}$$

$$I_{lab,6h,1,Estacion.Afin} = 728 \rightarrow IMD_{año,1,Estacion.Afin} = 1969 \text{ veh/día}$$

$$I_{lab,6h,2,aforo} = 784 \rightarrow IMD_{año,2} = 2121 \text{ veh/día}$$

$$I_{lab,6h,ero,2,Estacion.Afin} = 728 \rightarrow IMD_{año,2,Estacion.Afin} = 1969 \text{ veh/día}$$

$$I_{lab,6h,3} = 372 \rightarrow IMD_{año,Var} = 1007 \text{ veh/día}$$

$$I_{lab,6h,3,Afin} = 728 \rightarrow IMD_{año,Var,Estacion.Afin} = 1969 \text{ veh/día}$$

En la Figura 5 siguiente se adjunta, además, un esquema del tráfico actual que representa el reparto de tráfico para cada sentido entre la variante potencial y la carretera existente:

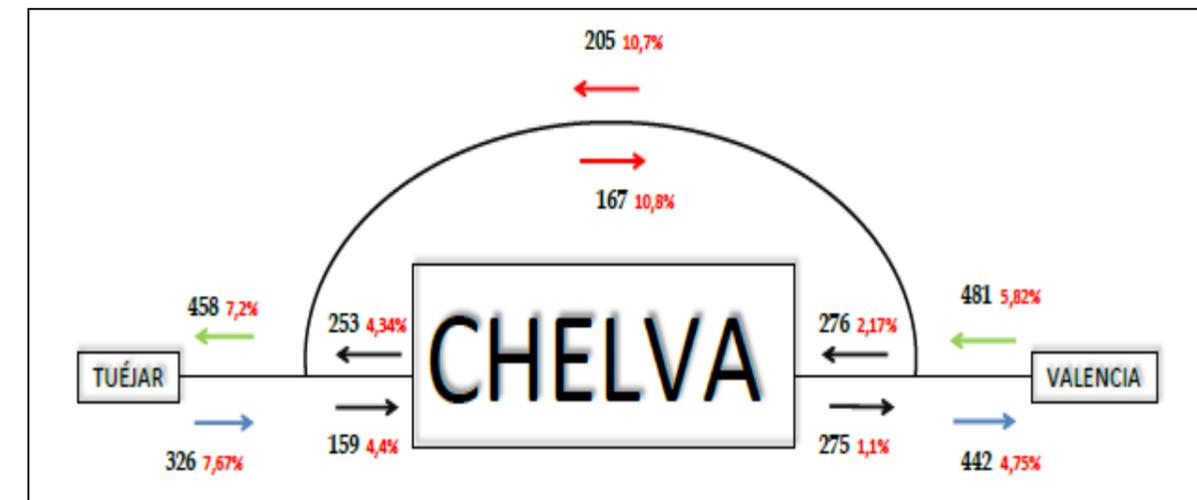


Figura 5: Reparto de tráfico. Situación potencial. Fuente: elaboración propia, Anejo nº4: Análisis del tráfico.

Una vez obtenida la IMD actual, se realiza una prognosis de tráfico con el objetivo de determinar el volumen de tráfico para el año de la puesta en servicio (2021) y para el año horizonte (2041). A su vez, se determinan la IHP (intensidad de hora punta) y el FHP (factor de hora punta), que serán usados en apartados posteriores.

Después de haber analizado el tráfico, se procede a realizar el análisis de la capacidad y del nivel de servicio de la futura variante para predecir, dadas unas condiciones iniciales, cuál será la máxima intensidad que podría circular por la vía en condiciones de seguridad y operatividad sin alcanzar el colapso de la misma. El proceso de cálculo puede ser consultado en el Anejo nº 4.

Todos los cálculos y procesos realizados han sido realizados de acuerdo con el *Highway Capacity Manual 2010* (HCM), la norma estadounidense que determina la capacidad y el

nivel de servicio bajo ciertas condiciones ideales de circulación que son modificadas conforme avanza el proceso de cálculo para adaptarse a las características particulares del trazado. En el caso particular objeto de estudio han sido obtenidos los siguientes resultados:

PASO 2: Estimar velocidad de flujo libre		PASO 5: Ajuste de demanda	
BFFS	47	FHP	0.88
F_{ls}	3	f_{ePTSF}	Rolling 0.71
F_a	2.5	E_T	Rolling 1.9
FFS_a	41.5	P_T	10.8
		f_{HVPTSF}	0.911410864

PASO 6: Porcentaje de tiempo en cola		PASO 8: Determinación del nivel de servicio	
V_{dPTSF}	91	A	
V_{oPTSF}	61	B	SI
f_{vPTSF}	53.5	C	
$BPTSF_d$	10.66628522	D	
a	-0.0014	E	
b	0.973		
$PTSF_d$	42.69589048		

Figura 6: Determinación del nivel de servicio. Fuente: elaboración propia, Anejo nº5: Análisis del tráfico.

Como complemento al cálculo del nivel de servicio, se realiza un análisis de sensibilidad para disipar la incertidumbre que existe con respecto al porcentaje de tráfico que se repartiría entre el trazado actual restituído y la variante. Dado que los porcentajes obtenidos corresponden a un aforo realizado en un día laborable cualquiera, se debe asumir que existe cierta aleatoriedad que generará dispersión en los resultados, poniendo de manifiesto la necesidad de determinar el nivel de servicio de forma más exhaustiva. Para estudiar el nivel de servicio en el supuesto descrito, se ha utilizado el llamado *Método de Montecarlo*, cuya implementación y resultados pueden ser consultados en el apartado dedicado al análisis de sensibilidad del Anejo nº 4.

5.4. Trazado.

El trazado ha sido diseñada en base a la Instrucción de Carreteras 3.1-IC del Ministerio de Fomento, y por tanto cumple las exigencia de esta normativa, como se detalla en el Anejo 5: *diseño geométrico*

La variante es una carretera convencional de dos carriles, uno para cada sentido de circulación, con características de una C-60. Posee aproximadamente 4.300 metros de longitud. El trazado de esta carretera el volumen de tráfico que atraviesa el municipio de Chelva.

La sección transversal es una plataforma de 11 metros con las siguientes características:

- Carril: 3,5 metros
- Arcén 1 metro
- Berma: pavimentada de 1 metro

En las zonas donde ha sido necesario se han dispuesto cunetas trapezoidales.

En la Figura 7 queda esquematizada la sección transversal.

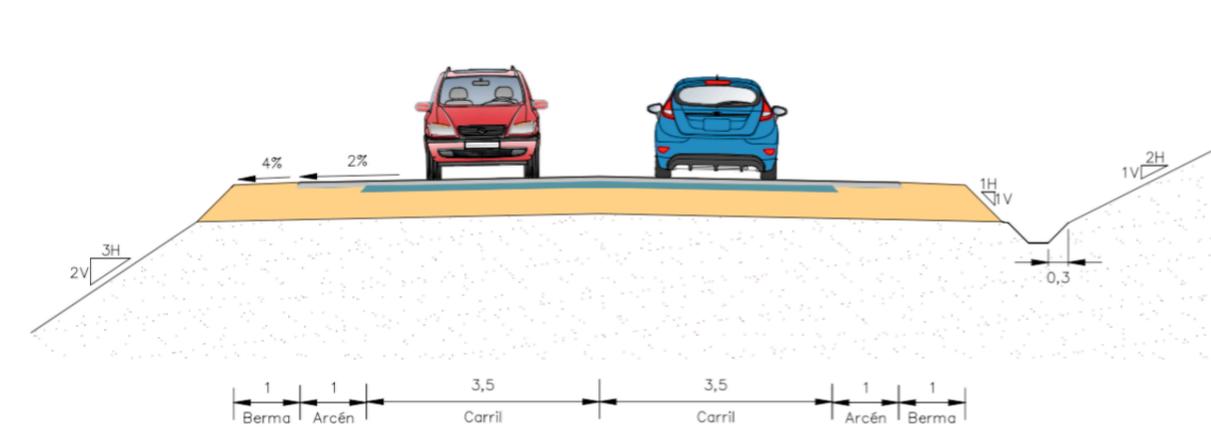


Figura 7. Sección transversal

Dada la sinuosidad de la orografía del terreno, como se puede observar en el perfil longitudinal (Figura 8), los movimientos de tierra son importantes.

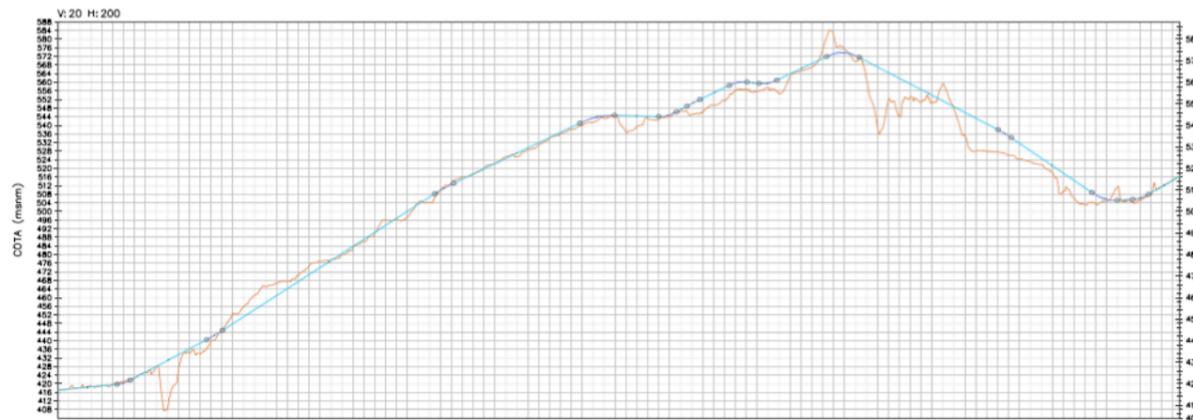


Figura 8. Perfil longitudinal

5.5. Estudio de Seguridad Vial.

En el anejo correspondiente al estudio de la seguridad vial se persigue garantizar el cumplimiento de la normativa por parte del diseño geométrico que proporcione como resultado un trazado con condiciones de operatividad y seguridad óptimas para los usuarios.

Para garantizar dichas condiciones de seguridad en lo que a términos de velocidad se refiere, se parte del estado de alineaciones perteneciente al diseño geométrico como base para determinar su perfil de velocidad de operación. El proceso de obtención de dicho perfil se detalla en el *Anejo nº 6*.

Una vez obtenido el perfil de velocidad de operación, se analiza su consistencia para evaluar si las condiciones que se encontrarán los futuros usuarios de la variante se adecúan a sus expectativas. Esta evaluación se realiza mediante la comparación de los resultados obtenidos con los valores recomendados por el Criterio II de Lamm para consistencia local y con un parámetro C de consistencia global. Dichos criterios son los siguientes:

CRITERIO II DE LAMM: CONSISTENCIA SEGÚN V ₈₅		
Buena	Aceptable	Pobre
$ V_{85,i} - V_{85,i+1} \leq 10$	$10 \leq V_{85,i} - V_{85,i+1} \leq 20$	$ V_{85,i} - V_{85,i+1} > 20$
Mantener el diseño	Señalización o rediseño	Rediseño del trazado

Tabla 7. Cálculo de la consistencia local entre elementos consecutivos. Fuente: elaboración propia aplicando el Criterio II de Lamm.

CRITERIO DE CONSISTENCIA GLOBAL		
Buena	Aceptable	Pobre
$C > 5$	$3,9 < C \leq 5$	$3,9 \leq C$

Tabla 8. Criterio consistencia global. Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos proporcionan un parámetro global de consistencia de $C=4,381$ y unos valores de consistencia locales entre lo considerado como bueno y aceptable (ver *Anejo nº 6*). Cabe destacar que este proceso ha sido realizado de forma iterativa, ya que para obtener el trazado definitivo, se han utilizado estos criterios para introducir progresivamente las modificaciones pertinentes.

Otro parámetro que ha influido en el diseño es la visibilidad de parada. Se ha realizado por ello un análisis de visibilidad cuyos resultados pueden apreciarse tanto en el *Anejo nº 5* como en el *Anejo nº 6*. La interacción entre el diseño y la seguridad vial vuelve a ser crucial en este apartado, y como se puede comprobar en el *Apéndice III* correspondiente al *Anejo nº 6*, la primera comprobación dio lugar a un rediseño del trazado, poniendo de manifiesto la importancia de la coordinación entre ambas partes.

Se realiza por último una estimación de accidentes para los próximos diez años mediante un SPF (Safety Performance Function), que valiéndose de una fórmula dependiente de parámetros determinados por el autor, utiliza la longitud del trazado, su consistencia y su IMD para estimar el número de accidentes y poder compararlos con los datos históricos disponibles en un periodo de diez años (2002-2011).

	Actualidad (2016)	Puesta en servicio (2021)	Año horizonte (2041)
IMD promedio	2156	2315	3082
y_{10} (accidentes)	8,102	8,61	10,9

Tabla 9. Estimación de accidentes. Fuente: elaboración propia

5.6. Firmes.

Para la determinación del firme se han estudiado diferentes alternativas atendiendo a criterios económicos y técnicos. La solución adoptada, es una de las combinaciones presente en la Norma 6.1 IC "Secciones de Firme" del Ministerio de Fomento.

Tras el tratamiento de datos del aforo manual realizado el 28 de enero de 2016, se ha obtenido una IMD_P para el año horizonte de 118 vehículos pesados/días, 65 vehículos pesados/día para el carril de proyecto. Esto establece una categoría T31 de tráfico pesado.

La explanada está definida tanto por la categoría del tráfico como por el material de la traza de la carretera. Al no tener una categoría de tráfico muy elevada se proyecta una explanada E2. Como la traza discurre sobre roca, la solución para la explanada es la que se muestra en la Figura 9.

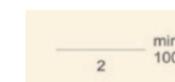


Figura 9. Solución explanada. Fuente: Norma 3.1-IC

El paquete de firmes para la calzada, en todo el trazado de la variante, es la sección 3121, como se puede ver en la Figura 10:



Figura 10. Solución adoptada. Fuente: Norma 6.1-IC

La sección del firme esta compuesta por 40 centímetros de zahorra artificial y 16 de mezcla bituminosa. Esta última se divide en tres capas: la base de $_$ centímetros de mezcla $_$, la capa intermedia de X centímetros de mezcla X y la capa de rodadura de X centímetros de mezcla X.

En la tabla se muestra con detalle el paquete de firme adoptado.

Capa	Mezcla	Espesor	Betún	Dotación (% en masa)
Rodadura MBD	BBTM 8 B	3 cm	50/70	4.75%
Riego de adherencia C60BP3 ADH				
Intermedia MBC	AC32 bin S	5 cm	50/70	4%
Riego de adherencia C60BF3 ADH				
Base MBC	AC32 base G	8 cm	50/70	4%
Riego de imprimación C60BF4 IMP				
Base	Zahorra artificial	40 cm	-	-

Tabla 10. Detalle firme adoptado. Fuente: elaboración propia.

El firme para los arcenes posee el mismo espesor tanto de capa de rodadura como intermedias. Debajo de estas dos capas se rellena una zahorra artificial hasta alcanzar la cota de la explanada.

5.7. Estructuras.

En el anejo correspondiente al cálculo y diseño de estructuras se pretende resolver los desniveles existentes en el trazado de la carretera diseñada en el anejo de trazado.

Como se puede observar en dicho capítulo, existen 3 desniveles de importancia a salvar mediante la construcción de 3 puentes. El primero se encuentra situado en el barranco del

Remedio entre el PK 2+569,97 y el PK 2+664,87. El segundo en el barranco del Montú se presentará en septiembre. Y el tercero en el barranco del Rincón del Calvo entre el PK 3+695,94 y el PK 3+876,84.

El primer puente está formado por 3 vanos de 29,20; 36,50 y 29,20 metros y el tercero por 5 vanos de 31,50 metros en los vanos extremos y 39,30 metros los centrales.

Como el rango de luces en los dos puentes se encuentra en un intervalo que permite la construcción de una misma tipología de puente, para ahorrar en costes de construcción así como por la idoneidad de la solución para estos rangos de luces, se ha optado en los dos casos por una solución tipo losa de canto constante, siendo ésta de 1,35 metros para el primer caso y de 1,40 metros para el tercero.

Las dos losas se encuentran aligeradas mediante aligeramientos circulares de poliestireno expandido, en el caso del primer y tercer puente hay 3 aligeramientos de 0,45 metros de radio con una separación entre centros de 1,30 metros.

El ancho de los tableros es de 10,50 metros según se indica en la normativa 3.1 IC, estando conformado por 2 carriles de 3,50 metros, 2 arcenes de 1 metro y 2 pretilas de 0,75 metros de ancho cada uno.

Dichos tableros presenta un bombeo del 2% hacia ambos lados, conseguido mediante relleno de hormigón no estructural que se debe considerar como carga muerta a la hora de proyectar el puente.

Ambos puentes están pretensados mediante 2 tendones por alma (4 almas), estando cada tendón formado por 22 torones, y siendo la fuerza de pretensado de cada tendón de 4296,6 KN, equivalente a un 70% de su fuerza de rotura.

En el caso del puente del barranco del Rincón del Calvo, será necesario preestablecer el trazado del pretensado, pues, debido a su longitud es necesario realizar el puente por fases y por tanto los cables de pretensado deben pasar por el punto medio de la sección en el cambio de fase para realizar las operaciones de tesado, las cuales se realizarán siempre desde el final de cada fase y del final del puente.

En cuanto a las pilas se han seleccionado pilas circulares para disminuir las afecciones que puedan sufrir en el caso de presencia de agua. En el primer puente éstas presentan unas alturas entre 4 y 6 metros, y en el otro entre 9 y 25 metros. Las zapatas serán de 5,50 x 7,50 x 1,50 en el primer caso para ambas pilas, mientras que en el segundo se diferencian dos casos, las superiores a 12 metros tendrán una zapata de 6,7 x 6,7 x 1,15 y la inferior de 7,4 x 7,4 x 1,3.



5.8. Afección a cauces.

Se ha llevado a cabo el análisis del comportamiento hidráulico mediante el programa *HEC-RAS 4.1.0* de los barrancos del Remedio y del Montú frente a distintas hipótesis de partida o condiciones de contorno para la variante propuesta por la Alternativa Centro, analizando así la respuesta de los mismos frente a la avenida de 500 años de periodo de retorno. Estas situaciones han sido las siguientes:

- Situación actual. En ella se analiza la respuesta hidráulica de los dos barrancos objeto de estudio frente a la avenida de 500 años, comprobando que ésta permanece en todo momento en el interior de los cauces de cada uno de ellos, respectivamente.
- Situación con las estructuras contempladas en la alternativa sobre los barrancos del Remedio y del Montú, respectivamente. La avenida de 500 años afecta a las estructuras de la Alternativa Centro, poniendo en peligro su estabilidad debido a la socavación potencial generada por el flujo de la avenida.

Como consecuencia de lo anterior, se dimensionan unas medidas de protección para que las estructuras de la Alternativa Centro no se vean afectadas y sean estables frente al paso de la corriente durante los episodios de avenidas en dichos barrancos. Estas medidas consisten en:

- Regularización del cauce. En esta actuación se modificará la sección transversal de cada barranco, tanto en el lecho como en las márgenes, evitando así taludes elevados, homogeneizando la sección y mejorando la capacidad hidráulica de la misma. También se crearán bermas horizontales alrededor de las cimentaciones de las pilas que faciliten tanto la ejecución de las mismas como la colocación de las medidas de protección alrededor de ellas (Figura 11 y Figura 12).
- Actuación bajo los puentes. Se protegerá el lecho y las márgenes del cauce frente a la erosión general con un revestimiento de geoceldas de 20 cm de espesor en el caso del barranco del Remedio, y con un revestimiento de escollera ($D_{50} = 0.3$ m) de dos capas de espesor en el caso del barranco del Montú. Las pilas de los puentes se protegerán frente a la socavación local con un manto de escollera de dos capas en ambos casos, de 0.6 y 0.8 metros de espesor respectivamente.
- Actuación en las zonas de aguas arriba y aguas abajo de los puentes, envolventes de la actuación anterior. En esta intervención se establecerá una zona con una estabilidad y rugosidad suficientes para que se resistan las tensiones tangenciales generadas por el paso de la corriente, protegiendo así el lecho y las márgenes frente a la erosión general. Además, en el caso del barranco del Montú, se rectificará también la pendiente longitudinal del lecho para evitar el régimen crítico y pasar al régimen lento en las inmediaciones del puente, creando las adecuadas zonas de transición y condiciones de contorno del flujo tanto aguas arriba como

aguas abajo del tramo que se desea proteger mediante los denominados “rastrillos de escollera”.

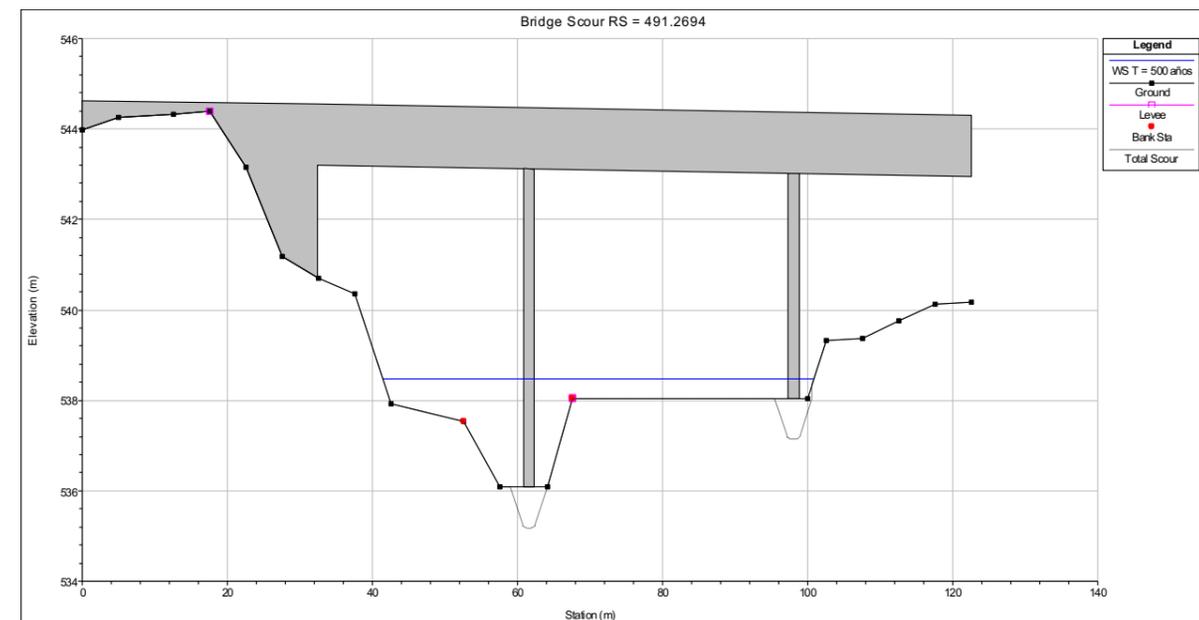


Figura 11. Alternativa Centro, puente sobre el barranco del Remedio. Regularización de la sección transversal del tramo a proteger (60 m) y socavación local en pilas. (HEC-RAS).

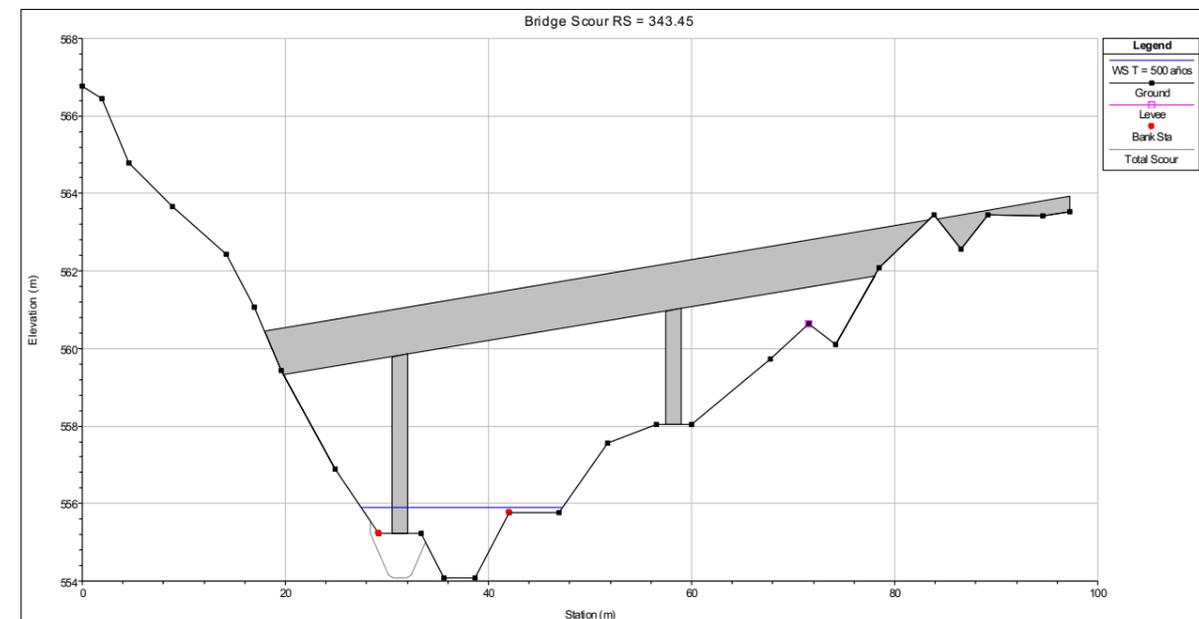


Figura 12. Alternativa Centro, puente sobre el barranco del Montú. Regularización de la sección transversal del tramo a proteger (60 m) y socavación local en pilas. (HEC-RAS).



Tras la el estudio de dichas medidas, su definición, dimensionamiento y caracterización de las mismas, la estabilidad del cauce frente a la erosión general y de las pilas frente a la socavación local está garantizada, así como la capacidad hidráulica de cada uno de los barrancos en los tamos de estudio.

Por último, cabe destacar que estas medidas de protección son una solución técnica y económicamente viable, así como respetuosas con el medio ambiente.

6. VALORACIÓN DE LA SOLUCIÓN

6.1. Valoración económica.

En el presente apartado se lleva a cabo una valoración del coste económico asociado al conjunto de las unidades de obra previstas a ejecutar en el estudio de soluciones.

La valoración económica se realiza mediante la definición de las unidades de obra correspondientes, que serán en su gran mayoría comunes a las tres alternativas, siendo su resultado el producto del precio unitario de cada una por su medición.

6.2. Presupuesto de ejecución material.

A continuación se detalla la valoración económica del total de cada uno de los capítulos considerados, dado que las unidades de obra quedan pormenorizadas al final de este trabajo en el *Documento nº 4: Valoración económica*.

Capítulo 1: Movimiento de tierras y demoliciones	2241390,46 €
Capítulo 2: Firmes y pavimentos	662749,13 €
Capítulo 3: Obras hidráulicas	108749,4 €
Capítulo 4: Estructuras	1872817,02 €
Capítulo 5: Adecuación ambiental	194179 €
Capítulo 6: Señalización y balizamiento.	54000 €
Capítulo 7: Drenaje	75250 €
Capítulo 8: Seguridad y Salud	171694.939 €
Capítulo 9: Gestión de residuos.	171694.939 €
Total (Presupuesto de ejecución material)	5.552.274,91 €

Tabla 11. Valoración económica. Fuente: elaboración propia.

Es necesario destacar que en el capítulo 4 dedicado a estructuras, uno de los tres puentes ha sido calculado mediante ratios, debido a que los datos de las unidades de

obra no estaban disponibles. Para ello, se la realizado una media entre el coste por metro lineal de los otros dos puentes y el valor obtenido se ha aplicado al puente en cuestión multiplicándolo por su longitud. Esto puede observarse en el apartado 4.3 del *Capítulo 4: Estructuras* correspondiente a la valoración económica que se ubica en el *Documento nº4: Valoración económica*.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



ANEJOS

ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA)
ALTERNATIVA CENTRO



ÍNDICE DE ANEJOS

1. Geología y geotecnia.
2. Hidrología y drenaje.
3. Situación actual.
4. Análisis del tráfico.
5. Diseño geométrico.
6. Seguridad vial.
7. Firmes.
8. Estructuras. Puente sobre el barranco del Remedio y CV-346.
9. Estructuras. Puente sobre el barranco del Rincón del Calvo.
10. Estructuras. Puente sobre el barranco del Montú.
11. Estudio hidráulico y de afección a cauces.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

ANEJO Nº4

ANÁLISIS DEL TRÁFICO

ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA).

ALTERNATIVA CENTRO



ANEJO 4: ANÁLISIS DEL TRÁFICO

INDICE

1. OBJETO.....	3
2. ESTUDIO DEL TRÁFICO.....	3
2.1 Localización y área de estudio.....	3
2.2 Toma de datos.....	3
2.3 Estudio de intensidades.....	4
2.3.1 Elección de la estación afín.....	4
2.3.2 Obtención de la IMD	6
2.3.2.1 Intensidad media diaria actual (2016)	6
2.3.2.2 Prognosis del tráfico.....	6
2.3.3 Intensidad de hora punta.....	7
2.3.4 Factor de hora punta.....	8
3. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO	9
3.1 Objetivo	9
3.2 Estudio de la capacidad de la vía	9
3.3 Nivel de servicio.....	9
3.3.1 Introducción al cálculo del NS.....	9
3.3.2 Clasificación del HCM para carreteras de dos carriles.....	10
3.3.3 Condiciones base. Parámetros a considerar para el cálculo del NS.....	10
3.3.4 Metodología de cálculo del NS.....	11
3.3.4.1 Estimación de la velocidad de flujo libre.....	11
3.3.4.2 Ajuste de la demanda.....	11
3.3.4.3 Estimación del porcentaje de tiempo en cola	12
3.3.4.4 Determinación del nivel de servicio	12
3.3.5 Resultados obtenidos.....	12



4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	13
4.1 Objeto	13
4.2 Método de Montecarlo	13
4.3 Estudio del nivel de servicio.....	14

APENDICE I- DATOS ESTACIÓN AFORO AFÍN

APENDICE II- TABLAS PARA EL CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

1. OBJETO

El objeto de este *Anejo nº 4* es el análisis del tráfico y de los efectos sobre el mismo que serían derivados de la ejecución de la nueva variante de la CV-35 que rodearía el municipio de Chelva, en este caso siendo la alternativa centro el trazado en cuestión. Para ello se ha procedido a estudiar minuciosamente el caso actual, en el que no existe la variante, a la par que las hipotéticas situaciones futuras, tanto en el año de la puesta en servicio (2021) como en el año horizonte (2041), con la coexistencia de la variante con la carretera actual.

Para realizar el análisis del tráfico se han tomado como dato de partida los aforos manuales que se realizaron el día 28 de enero del 2016, además de disponer de datos históricos de estaciones de aforo afines próximas al municipio.

Una vez realizado el aforo, se procede a calcular la IMD del trazado en la actualidad, así como de su puesta en servicio y año horizonte. A su vez, esto servirá para analizar la capacidad y determinar el nivel de servicio de nuestra alternativa centro y observar las fluctuaciones que puedan producirse.

Por último, se ha elaborado un análisis de sensibilidad mediante el método de Montecarlo con el propósito de estudiar la influencia de la variación del reparto del flujo direccional del tráfico en los resultados obtenidos para el nivel de servicio de la vía.

2. ESTUDIO DEL TRÁFICO

2.1 Localización y área de estudio

La carretera CV-35, con titularidad en la *Conselleria de Vivienda, Obras Públicas y Vertebración del Territorio* de la Generalitat Valenciana, comprende un trazado que discurre hacia el interior de la provincia de Valencia, llegando hasta el límite con la provincia de Cuenca, y que partiendo desde la ciudad de Valencia atraviesa núcleos importantes como Burjassot, Paterna o Llíria, incluyendo el municipio de Chelva. Dada la carencia de datos fiables en la zona, se opta por realizar aforos manuales.



Fig. 1 Vista aérea del área de estudio de la alternativa centro. Fuente: Google Earth.

Para la caracterización y el análisis del tráfico hemos establecido los puntos de aforos manuales a la entrada y a la salida del municipio urbano de Chelva, estudiando el flujo de tráfico tanto en sentido ascendente como descendente. El motivo de realizar este tipo de aforo no es otro que poder determinar el hipotético comportamiento de la futura variante.

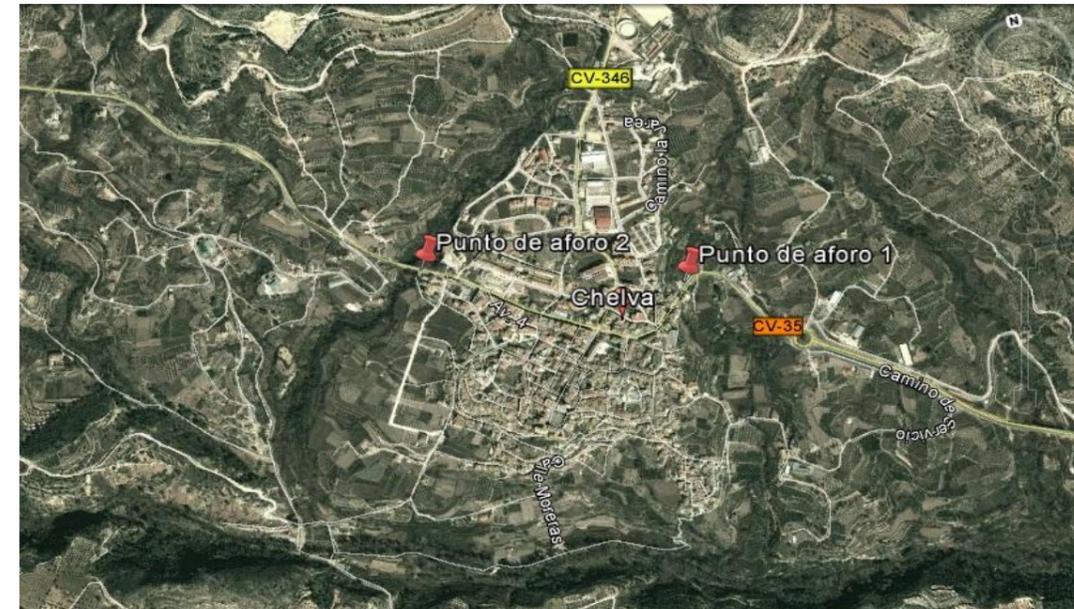


Fig. 2 Vista aérea de los puntos de aforo manual. Fuente: Google Earth.

Para llevar a cabo el mencionado estudio se utilizarán como apoyo puntos de aforo fijos localizados a lo largo de la CV-35 (Fig. 2) que, al estar próximos a nuestra zona de estudio y presentar datos similares de tráfico a los que se han obtenido, serán considerados como estaciones afines pudiendo extrapolar dichos datos a los tomados manualmente para su comparación.

2.2 Toma de datos

La obtención de los datos iniciales se compone, como ya se ha comentado anteriormente, de una parte histórica, proporcionada por las estaciones afines, y de una actividad presencial, plasmada a través del aforo manual. Dicho aforo se realizó el mismo día en el que el equipo de trabajo realizó la visita de campo, concretamente el jueves 28 de enero, día laborable, del 2016.

No se detectaron condiciones meteorológicas adversas ni se apreciaron condiciones de la vía y del entorno fuera de lo normal para la época del año, por lo que el aforo no debería presentar anomalías por estas causas. La actividad tuvo una duración total de seis horas, comprendidas entre las 8:00 h y las 14:00 h de forma ininterrumpida, lo que permite clasificar nuestra estación como de cobertura manual por reunir las características anteriormente citadas.

Como procedimiento utilizado, cabe destacar la organización de dos grupos de cuatro personas cada uno, quedando ubicados a la entrada y a la salida de Chelva respectivamente, en los que cada grupo se encargaba de ambos sentidos de circulación, resultando dos grupos de dos personas en cada punto de aforo con el objetivo de asegurar una toma correcta de datos. El proceso fue íntegramente realizado en condiciones de seguridad, con el equipo adecuado y tomando las precauciones pertinentes.



Fig. 3 Punto de aforo manual a la entrada de Chelva. Fuente: elaboración propia.

Es importante hacer hincapié en la precisión del proceso de toma de datos, ya que además de proceder al cómputo de coches, diferenciándolos entre ligeros y pesados, se anotaron a su vez las matrículas de cada uno de los vehículos, con el objetivo de distinguir a los que utilizaban la carretera como camino de paso a través del pueblo (potenciales usuarios de la nueva variante) de los que la usaban para llegar a sus domicilios o realizar actividades dentro del pueblo (usuarios potenciales de la carretera actual en coexistencia con la variante que seguirían usándola por necesidad).

Como criterio para diferenciar ambos grupos de vehículos, se consideró que aquellos que pasaban por uno de los puntos y tardaban quince minutos o más en pasar por el segundo punto serían usuarios que, pese a la existencia de la variante, seguirían usando la carretera existente. En caso contrario, dado que atravesaban el pueblo sin detenerse, se considera que serían usuarios de la nueva variante a partir de su puesta en servicio. Para que esta estimación fuese posible, se procedió a apuntar las matrículas de los coches en estricto orden cronológico, siendo comparados los datos de los dos puntos de aforo posteriormente.



Fig. 4 Toma de datos. Aforo manual realizado a la salida de Chelva. Fuente: elaboración propia.

Por último, paralelamente a la realización del aforo ya citado, también se tomaron datos de la velocidad con la que los vehículos circulan por el tramo de la CV-35. Estos datos fueron obtenidos mediante la colocación de cámaras equipadas con GPS en dos vehículos de apoyo que se encargaron de circular tras conductores anónimos elegidos de forma aleatoria simulando su velocidad y modo de conducción.

2.3 Estudio de intensidades

2.3.1 Elección de la estación afín

A efectos prácticos, se considera que una estación de aforo es afín a otra cuando el tráfico registrado por ambas se comporta de manera similar, en cuanto a volumen y frecuencia de paso vehicular. En este caso, se han buscado un par de estaciones afines a los puntos de aforo manual de los que ya se han comentado sus características.

Valiéndonos del mapa de tráfico de 2014 de la Generalitat Valenciana, proporcionado por la *Conselleria de vivienda, obras públicas y vertebración del territorio*, se han acotado las siguientes estaciones próximas a la zona de estudio.

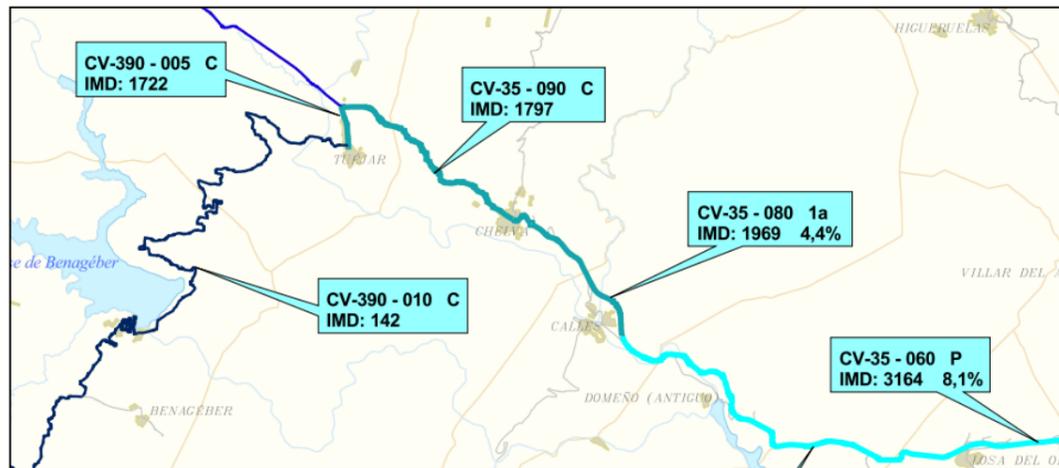


Fig. 5 Detalle del Mapa de Tráfico de 2014 en el entorno de Chelva. Fuente: Generalitat Valenciana.

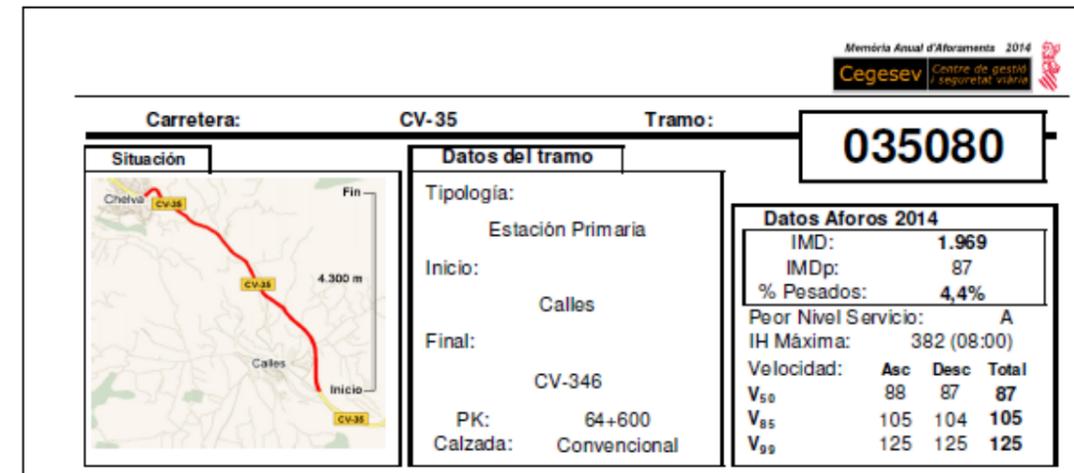


Fig. 7 Estación de aforo primaria. Referencia 35080. Fuente: Generalitat Valenciana.

Para la elección de una estación que a priori pudiese presentar menos dispersión en lo que se refiere a los datos se ha optado por analizar aquellas más próximas para comprobar si las fluctuaciones de tráfico tienen una distribución similar y si los datos que aportan son suficientes como para considerarlas afines.

GENERALITAT VALENCIANA		INTENSIDAD MEDIA DIARIA / INTENSITAT MITJANA DIÀRIA IMD 2010-2014															
CV	Tramo	Pk Ini	Inicio	Pk Fin	Fin	Calzada	Pk Est.	IMD 2010	%P	IMD 2011	%P	IMD 2012	%P	IMD 2013	%P	IMD 2014	%P
CV-35	035052	38+000	Accés Casinos Oest	40+000	Casinos CV-245	Conv.	38+400	6.956	16	6.537	15,9%	6.156	15,1%	5.989	15,2%	5.988	14,7%
CV-35	035055	40+000	Casinos CV-245	47+800	CV-395	Conv.	40+370	5.796	13	5.098	12,4%	4.745	12,1%	4.418	11,2%	4.083	11,0%
CV-35	035057	47+800	CV-395	50+250	CV-347	Conv.	49+640	3.154	12	2.928	11,5%	2.702	11,8%	2.701	10,7%	2.757	10,2%
CV-35	035060	50+250	CV-347	53+400	CV-394	Conv.	51+300	3.668	8	3.410	8,4%	3.181	8,5%	3.172	8,1%	3.164	8,1%
CV-35	035070	53+400	CV-394	63+500	Calles	Conv.	57+000	2.665	5	2.502	4,3%	2.182	4,8%	2.389	4,0%	2.017	4,8%
CV-35	035080	63+500	Calles	67+800	CV-346	Conv.	64+600	2.366	4	2.350	3,7%	1.961	4,2%	2.083	4,4%	1.969	4,4%
CV-35	035090	67+800	CV-346	73+200	CV-390	Conv.	70+000	2.261	-	2.159	-	1.728	-	1.651	-	1.797	-
CV-35	035100	73+200	CV-390	86+530	CV-345	Conv.	80+000	1.526	-	1.524	-	910	-	895	-	894	-

Fig. 6 Intensidad media diaria entre 2010 y 2014. Fuente: Generalitat Valenciana.

Como se aprecia en la imagen (Fig. 6), se ha seleccionado la estación próxima a Calles, por su cercanía con el municipio y por presentar unas características similares de tráfico. Se trata de una estación primaria de aforo, que por lo general registra poco volumen de tráfico y destaca por presentar un muy buen nivel de servicio (A) en el caso más desfavorable. Además, nos da datos del porcentaje de pesados, algo que será muy útil para cálculos posteriores.

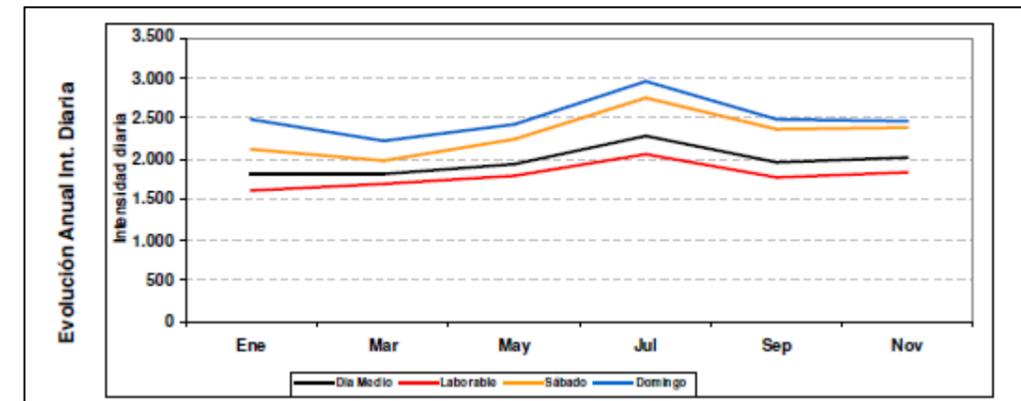


Fig. 8 Evolución anual de intensidad diaria. Fuente: Generalitat Valenciana.

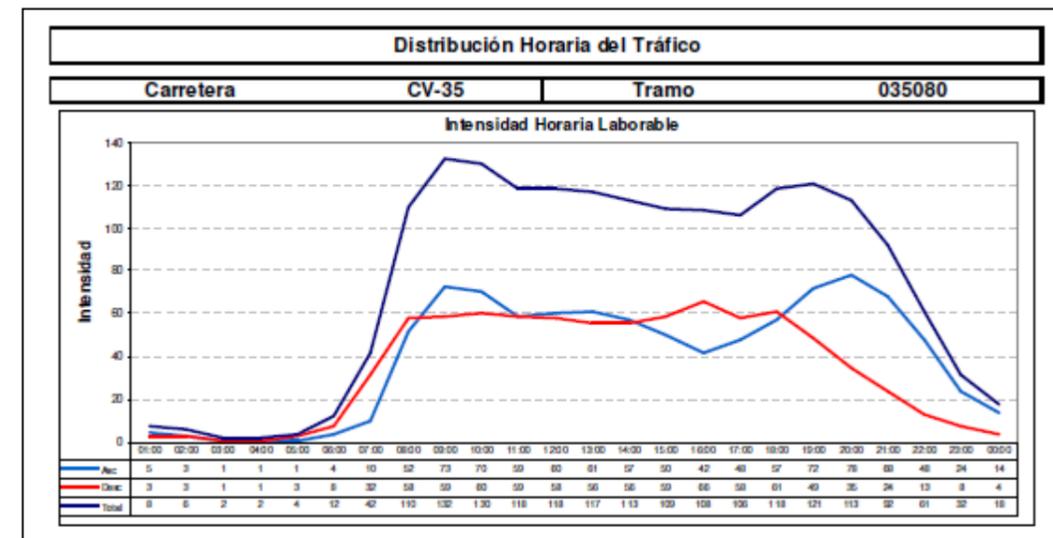


Fig. 9 Distribución horaria del tráfico. Fuente: Generalitat Valenciana.



Mes	Día Medio			Día Laborable			Día Sábado			Día Domingo		
	Int. Total	Int. Pes.	% Pes.	Int. Total	Int. Pes.	% Pes.	Int. Total	Int. Pes.	% Pes.	Int. Total	Int. Pes.	% Pes.
Ene	1.813	68	3,8%	1.619	81	5,0%	2.114	30	1,4%	2.479	43	1,7%
Mar	1.805	81	4,5%	1.687	94	5,5%	1.970	41	2,1%	2.233	58	2,6%
May	1.945	95	4,9%	1.791	104	5,8%	2.236	76	3,4%	2.427	68	2,8%
Jul	2.288	104	4,5%	2.061	114	5,5%	2.757	75	2,7%	2.952	83	2,8%
Sep	1.954	71	3,6%	1.767	70	4,0%	2.357	75	3,2%	2.484	70	2,8%
Nov	2.010	104	5,2%	1.843	122	6,6%	2.393	72	3,0%	2.463	50	2,0%

Fig. 10 Resumen de datos básicos de la estación de aforo 190020. Fuente: CITMA.

2.3.2 Obtención de la IMD

Una vez realizado el aforo manual y diferenciado los vehículos que serán usuarios potenciales de la variante del restante de la muestra, se presentan los datos obtenidos del proceso de aforos, teniendo en cuenta ambos sentidos en cada punto:

$$I_{lab,6h,1,aforo} = 481+442 = 923 \text{ veh/6h}$$

$$I_{lab,6h,2,aforo} = 458+326 = 784 \text{ veh/6h}$$

$$I_{lab,6h,var,aforo} = 481+442 = 372 \text{ veh/6h}$$

Para empezar, se dispone como dato las intensidades aforadas en las 6 horas de un día laborable del mes de enero, siendo el punto 1 de aforo el enlace de la futura variante con la actual CV-35 antes de llegar a la localidad de Chelva en sentido Tuéjar, y el punto 2 de aforo el enlace de la futura tras pasar Chelva también en sentido Tuéjar. Se toma como "Var" en la nomenclatura como la futura variante objeto del estudio.

2.3.2.1 Intensidad media diaria actual (2016)

Para el cálculo de la Intensidad Media Diaria es necesario conocer la intensidad cada 24 horas. Sin embargo, podemos obtener directamente las IMD actuales (año 2016) mediante reglas de tres en relación a los datos que obtenemos de la estación afín (Fig. 8). La conversión para cada uno de los puntos se produce de la siguiente manera:

$$I_{lab,6h,1,aforo} = 923 \rightarrow IMD_{año,1} = 2497 \text{ veh/dia}$$

$$I_{lab,6h,1,Estacion.Afin} = 728 \rightarrow IMD_{año,1,Estacion.Afin} = 1969 \text{ veh/dia}$$

$$I_{lab,6h,2,aforo} = 784 \rightarrow IMD_{año,2} = 2121 \text{ veh/dia}$$

$$I_{lab,6h,ero,2,Estacion.Afin} = 728 \rightarrow IMD_{año,2,Estacion.Afin} = 1969 \text{ veh/dia}$$

$$I_{lab,6h,,} = 372 \rightarrow IMD_{año,var} = 1007 \text{ veh/dia}$$

$$I_{lab,6h,,Afin} = 728 \rightarrow IMD_{año,var,Estacion.Afin} = 1969 \text{ veh/dia}$$

2.3.2.2 Prognosis del tráfico

Según la Orden FOM/3317/2010, de 17 de diciembre para la realización de estudios de tráfico por cuestión de capacidades se deben realizar incrementos al tráfico en función del año en el que se realice. Para la obtención de la IMD tanto en el año de puesta en servicio (2021) como en el año horizonte (2041) se ha de disponer como base de la IMD actual (2016) y multiplicarla por un coeficiente de crecimiento anual (Fig. 11)

Para estimar el crecimiento del tráfico, se ha de utilizar la siguiente tabla:	
Período	Incremento anual acumulativo
2010-2012	1,08%
2013-2016	1,12%
2017 en adelante	1,44%

(Fuente: Orden FOM/3317/2010: Instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento).

Fig. 11 Incremento anual acumulativo. Fuente: Orden FOM/3317/2010

En tanto a esto, se puede obtener la IMD para el año deseado mediante la siguiente fórmula:

$$IMD_t = IMD_i * (1 + p)^n$$

Donde:

IMD_t = Intensidad media diaria de vehículos en el año requerido.

IMD_i = Intensidad media diaria de vehículos en el año inicial.

p = Porcentaje en tanto por uno del incremento anual acumulativo.

n = Años transcurridos desde el año inicial al año requerido.

Aplicando la fórmula, para el año de puesta en servicio (2021) resultan las IMD siguientes:

$$IMD_{2021,1} = 2682 \text{ veh/dia}$$

$$IMD_{2021,2} = 2278 \text{ veh/dia}$$

$$IMD_{2021,var} = 1082 \text{ veh/dia}$$

Análogamente, para el año horizonte del proyecto (2041), repitiendo el proceso:

$$IMD_{2041,1} = 3570 \text{ veh/dia}$$

$$IMD_{2041,2} = 3032 \text{ veh/dia}$$

$$IMD_{2041,var} = 1440 \text{ veh/dia}$$

Como se puede observar en la figura inferior (Fig. 12), la situación actual en la que no hay variante presenta una distribución bastante uniforme, siendo el sentido oeste más cargado que el este.

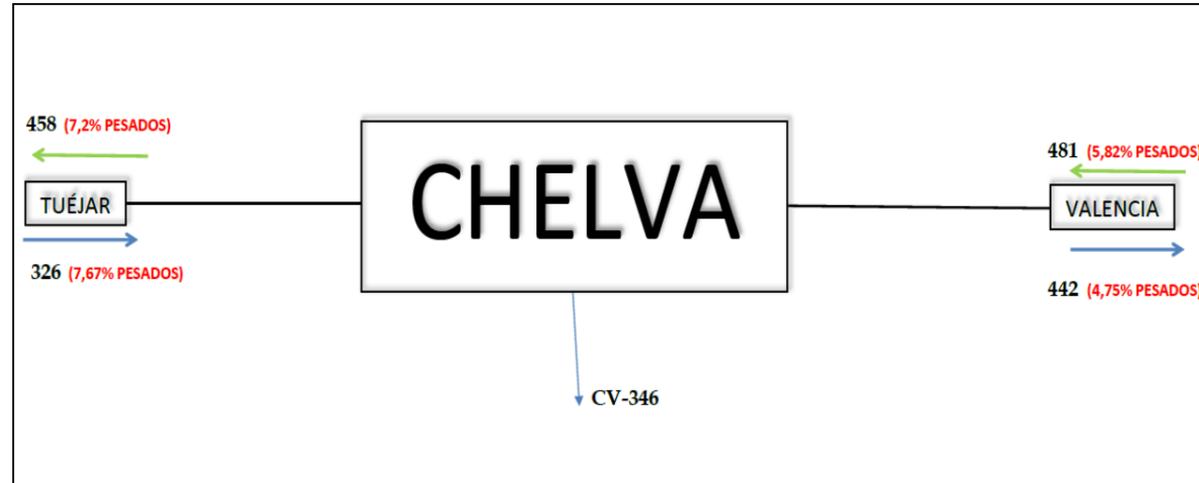


Fig. 12 Reparto de tráfico. Situación actual. Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, y una vez determinados qué vehículos serían los usuarios potenciales de la variante, es posible recrear una hipotética situación actual en la que si existiese la variante, y ésta estuviese operativa, generaría una distribución del tráfico como la que se presenta en el esquema de la figura siguiente (Fig. 13).

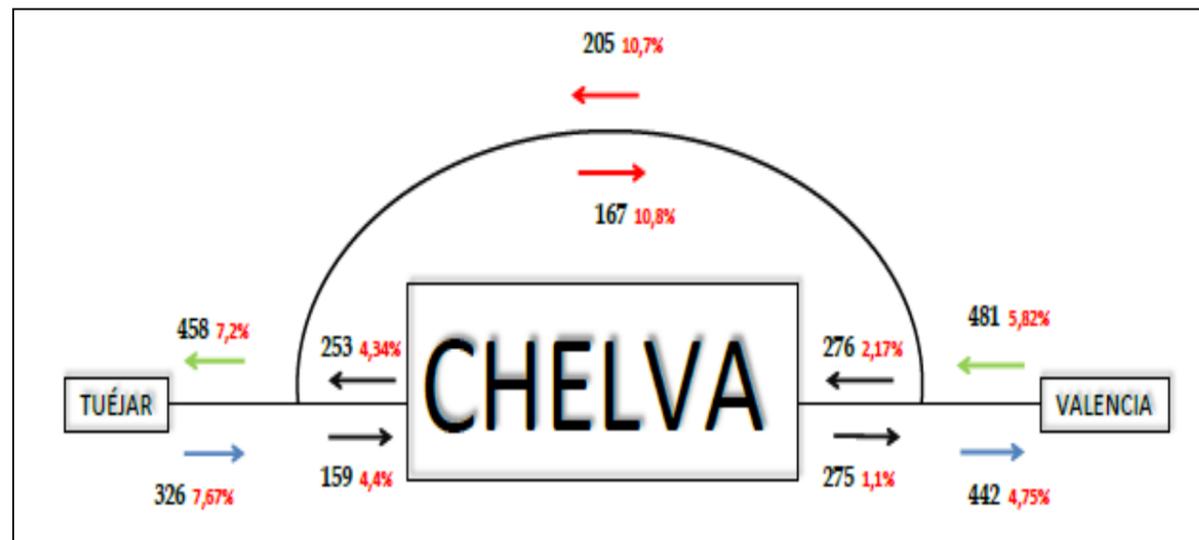


Fig. 13 Reparto de tráfico. Situación potencial. Fuente: elaboración propia.

2.3.3 Intensidad de hora punta

La intensidad de hora punta (IHP) se define como el número de vehículos que transitan por una determinada sección de la vía en el intervalo de tiempo en el que ésta presenta mayor volumen de tráfico. Este dato será útil para determinar la capacidad y el nivel de servicio de la carretera, como se expondrá más adelante. Por definición, es la intensidad que solo es superada entre 30 y 100 horas al año.

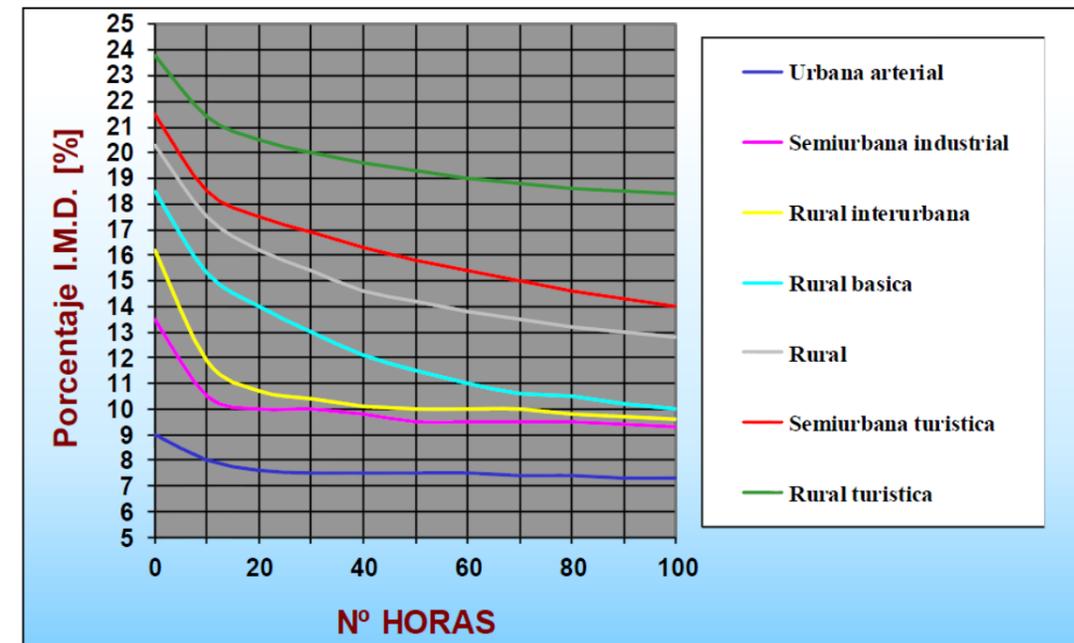


Fig. 14 Intensidad de hora punta. Fuente: Grupo de investigación en ingeniería de carreteras UPV

Para el cálculo de la intensidad de hora punta se utiliza la siguiente fórmula extraída del *Highway Capacity Manual 2010*:

$$IHP = IMD * K$$

Donde:

- IHP* = Intensidad de hora punta
- IMD* = Intensidad media diaria
- K* = Valor excedido 30 horas al año

La carretera en la que se trabaja es de tipo rural interurbana. Utilizando la fórmula citada y la imagen que aparece en la Fig. 13, se tiene que:

$$IHP_{2016,1} = 262 \text{ veh/h}$$

$$IHP_{2016,2} = 223 \text{ veh/h}$$

$$IHP_{2016,3} = 106 \text{ veh/h}$$



Asimismo, repitiendo el proceso utilizado en el apartado dedicado a la prognosis del tráfico, multiplicando por el coeficiente de ampliación tendremos para el año de puesta en servicio (2021) y el año horizonte (2041) los siguientes valores:

- 2021, año de puesta en servicio:

$$IHP_{2021,1}=282 \text{ veh/h}$$

$$IHP_{2021,2}=239 \text{ veh/h}$$

$$IHP_{2021,}=114 \text{ veh/h}$$

- 2041, año horizonte del proyecto:

$$IHP_{2041,1}=375 \text{ veh/h}$$

$$IHP_{2041,2}=319 \text{ veh/h}$$

$$IHP_{2041,}=151 \text{ veh/h}$$

2.3.4 Factor de hora punta

El Factor de hora punta (FHP) se define como la relación entre la intensidad de hora punta (IHP) y la intensidad máxima producida en un intervalo de quince minutos. En consecuencia, es un coeficiente que relaciona la variación no uniforme del tráfico con la hora punta.

Se calcula con la siguiente expresión:

$$FHP = \frac{IH}{4} + I_{15}$$

Donde:

IH = Intensidad horaria

I_{15} = Intensidad del cuarto de hora más cargado

Tomando como base los datos de aforo manuales obtenidos en la visita de campo, se puede dividir la intensidad en bloques horarios dando como resultado seis valores de intensidad horaria, tal y como se muestra a continuación:

Intensidad horaria			
Intervalo horario	Aforo 1	Aforo 2	Total
8:00 - 9:00	161	142	303
9:00 - 10:00	164	135	299
10:00 - 11:00	147	134	281
11:00 - 12:00	142	131	273
12:00 - 13:00	169	150	319
13:00 - 14:00	140	124	264

Tabla 1 Intensidad aforada dividida en bloques horarios. Fuente: elaboración propia.

Tal y como se puede apreciar en la Tabla 1, el intervalo horario en el que se registra un mayor volumen de tráfico corresponde al comprendido entre las 12:00 y las 13:00.

Con el objetivo de obtener la IHP, se particulariza el estudio sobre ese espacio de tiempo, subdividiéndolo en cuatro intervalos de quince minutos. La discretización del intervalo queda establecida de la siguiente manera:

Intensidad horaria			
Intervalo horario	Aforo 1	Aforo 2	Total
12:00 - 12:15	56	50	106
12:15 - 12:30	32	37	69
12:30 - 12:45	37	33	70
12:45 - 13:00	44	30	74
12:00 - 13:00	169	150	319

Tabla 2 Intensidad aforada particularizada en el intervalo horario más cargado. Fuente: elaboración propia.

Aplicando la fórmula anterior, se obtiene el FHP buscado:

$$FHP = \frac{169}{4} + 56 = 0,75$$

3. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

3.1 Objetivo

El siguiente apartado se centra en el análisis de la capacidad y del nivel de servicio de la futura variante de la CV-35 a su paso por Chelva para predecir cuál será la máxima intensidad que puede circular por la citada vía en condiciones óptimas de seguridad y operatividad sin alcanzar el colapso de la misma. El objetivo será, pues, estudiar el número de vehículos que podrían llegar a circular en un determinado tiempo dadas unas condiciones específicas.

Para el análisis de la capacidad y los niveles de servicio se han utilizado el *Highway Capacity Manual 2010*. El *Highway Capacity Manual* (HCM) es el documento desarrollado por la FHWA (Federal Highway Administration) norteamericana que permite calcular la capacidad y los niveles de servicio en ciertas condiciones ideales para adaptar, posteriormente, estas variables a las condiciones particulares de la carretera estudiada o proyectada. Esto es posible mediante tablas de ajuste que adaptarán la situación del proyecto con respecto al método de cálculo.

3.2 Estudio de la capacidad de la vía

Detalladamente, se puede definir capacidad de la vía como máxima intensidad que podría atravesar una vía o cierto elemento viario durante un periodo de tiempo, el cual suele ser de quince minutos, con unas condiciones determinadas de la propia vía y del tráfico correspondiente, expresada en vehículos/tiempo. No es un valor único y absoluto, sino un máximo relativo que para alcanzar valores altos en la capacidad es necesario tener unas condiciones de tráfico y características de la vía óptimas.

Para la determinación de la capacidad de la vía se han seguido los pasos reflejados en el ya mencionado *Highway Capacity Manual 2010*, en el cual se presuponen unas condiciones patrón:

- Corriente ininterrumpida (sin semáforos, glorietas, etc.)
- Tráfico equilibrado
- Vehículos ligeros exclusivamente
- Anchura de carril $\geq 3,6\text{m}$
- Anchura de arcén $\geq 1,8\text{m}$
- Perfil longitudinal llano
- Sin zonas con adelantamiento prohibido
- Sin acceso a las propiedades colindantes

Como valor orientativo, para carreteras de sentido único la capacidad estará alrededor de 1700 veh.ligeros/hora, mientras que en una carretera a calzada completa no deberá superar los 3200 veh.ligeros/hora.

3.3 Nivel de servicio

El nivel de servicio (NS) de una carretera consiste en un proceso de medida del funcionamiento o calidad de operación de la misma. En su sentido más amplio, el nivel de servicio nos indica un nivel cualitativo de operatividad para una de las diferentes condiciones de circulación que puede presentar un carril o una calzada determinada cuando circulan distintas intensidades de tráfico. Como es de esperar, hay multitud de factores externos e internos que influirán en las condiciones de circulación, y por extensión, a la determinación del nivel de servicio.

3.3.1 Introducción al cálculo del NS

Al igual que se describió el proceso de trabajo respecto a la capacidad de la vía en el apartado 3.2, para el cálculo del nivel de servicio se han seguido las indicaciones estipuladas en el mencionado *Highway Capacity Manual 2010* (HCM 2010). La metodología empleada por éste manual tiene en cuenta factores tales como la velocidad del vehículo, el tiempo de viaje, la maniobrabilidad, las interrupciones de tráfico, la economía o la comodidad.

Cada nivel de servicio representa una amplia gama de condiciones de funcionamiento y determina cómo éstas son percibidas por el conductor. Según el manual, existen seis niveles de servicio, clasificados por letras en orden alfabético que definen cualitativamente las condiciones de circulación de la vía. Las letras que representan cada nivel de servicio comprenden desde la A hasta la F, siendo la letra A la que presenta mejores condiciones de funcionamiento y operatividad, y la F las más desfavorables. En la figura inferior se detalla una clasificación completa de estos niveles.

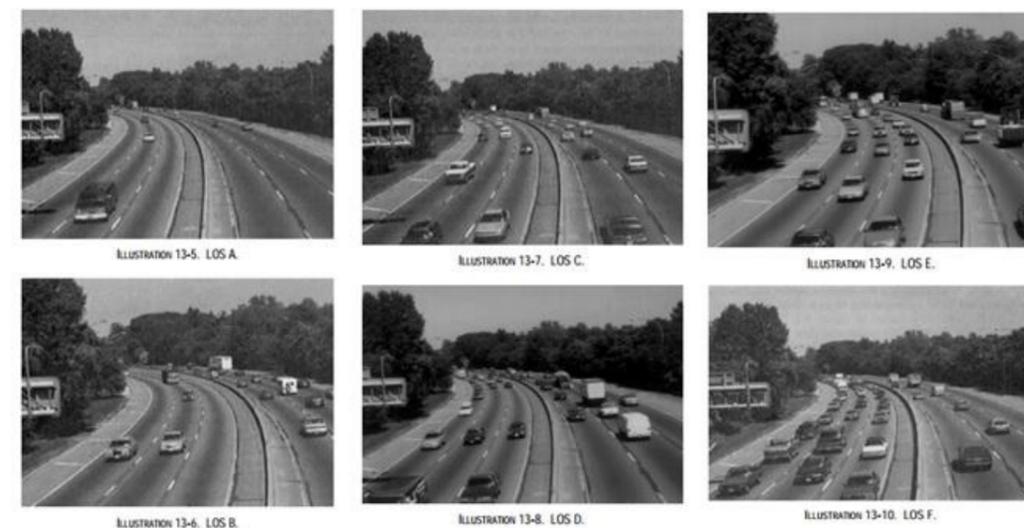


Fig. 15 Niveles de servicio. Fuente: *Highway Capacity Manual 2000*

3.3.2 Clasificación del HCM para carreteras de dos carriles

En función de la velocidad a la que espera viajar el conductor y el tiempo estimado de viaje, entre otros factores, existen tres tipos diferentes de carretera según el *Highway Capacity Manual 2010* dentro de las carreteras convencionales:

- **Clase I:** Carreteras donde el conductor espera viajar a velocidades relativamente altas. Se trata principalmente de rutas interurbanas, colectores principales, o grandes redes estatales. Diseñadas para rutas de larga distancia
- **Clase II:** Carreteras donde no se prevé viajar necesariamente a altas velocidades. Funcionan como vías de acceso a las vías de Clase I, zonas de paso con terreno ondulado o como rutas recreacionales. Sirven para la realización de viajes relativamente cortos o porciones de viajes más largos.
- **Clase III:** se trata de carreteras que atraviesan zonas moderadamente desarrolladas. Pueden ser tramos de carreteras clasificadas como clase I o II que discurren por zonas urbanas. También puede darse el caso de que discurren por áreas recreacionales donde cierta demora sea aceptable. Presenta gran cantidad de puntos de acceso no señalizados y tráfico rural que se mezcla con el volumen inherente al trazado. En ciertos tramos, se pueden encontrar severas restricciones de velocidad.



Fig. 16 Clasificación para carreteras de dos carriles. Fuente: *Highway Capacity Manual 2010*

En concreto, la variante objeto de estudio de este trabajo se ha clasificado como carretera de Clase II, debido a que es un trazado relativamente corto en el que el conductor no espera viajar a muy altas velocidades debido a la sucesión de curvas con rectas no muy largas y cambios de pendiente.

3.3.3 Condiciones base. Parámetros a considerar para el cálculo del NS

Según la metodología que se expone en el capítulo 15 del *Highway Capacity Manual 2010*, existen una condiciones perfectas o ideales necesarias para un nivel de servicio óptimo. Se tienen en cuenta características geométricas, del tráfico y factores ambientales. Las condiciones base son las siguientes:

- Ancho del carril $\geq 3,6$ metros
- Arcenes despejados $\geq 1,8$ metros
- Ninguna zona de adelantamiento no permitido
- Tráfico comprendido únicamente por vehículos ligeros
- Terreno llano sin pendientes
- Densidad de accesos: 5 accesos/Km
- Sin restricciones a la circulación (intersecciones semaforizadas, glorietas...)

Como es lógico, resulta realmente difícil conseguir el cumplimiento simultáneo de estas condiciones base. Por ello, dispondremos de varios factores de ajuste determinados por los parámetros principales que se utilizan para obtener el nivel de servicio. Dichos parámetros son los que se detallan a continuación:

- **Porcentaje de tiempo en cola (PTSF):** representa la libertad de maniobras, comodidad del viaje y la posibilidad de elegir libremente la velocidad de circulación. Así pues, refleja el porcentaje medio del tiempo en el que los vehículos deben circular en pelotón detrás de vehículos lentos por la imposibilidad de adelantar. Es un parámetro difícil de cuantificar en campo, razón por la cual se aproxima al porcentaje de vehículos que circular espaciados en intervalos de menos de 3 segundos en un segmento representativo de carretera.
- **Velocidad media de recorrido (ATS):** este parámetro refleja la movilidad en una carretera de dos carriles y resulta del cociente entre la longitud del segmento y el tiempo medio de recorrido.
- **Porcentaje de velocidad libre (PFFS):** hace referencia a la capacidad de circular con velocidad próxima al límite de velocidad establecido.



LOS	Class I Highways		Class II Highways	Class III Highways
	ATS (mi/h)	PTSF (%)	PTSF (%)	PFFS (%)
A	>55	≤35	≤40	>91.7
B	>50-55	>35-50	>40-55	>83.3-91.7
C	>45-50	>50-65	>55-70	>75.0-83.3
D	>40-45	>65-80	>70-85	>66.7-75.0
E	≤40	>80	>85	≤66.7

Fig. 17 Determinación del nivel de servicio para carreteras de doble carril. Fuente: *Highway Capacity Manual 2010*.

3.3.4 Metodología de cálculo del NS

En el capítulo 15 del *Highway Capacity Manual 2010* se explica con todo detalle el proceso de cálculo del nivel de servicio para carreteras convencionales, desde la Clase I hasta la Clase III. En la figura inferior, extraída del manual, se puede ver de forma esquemática el proceso completo.

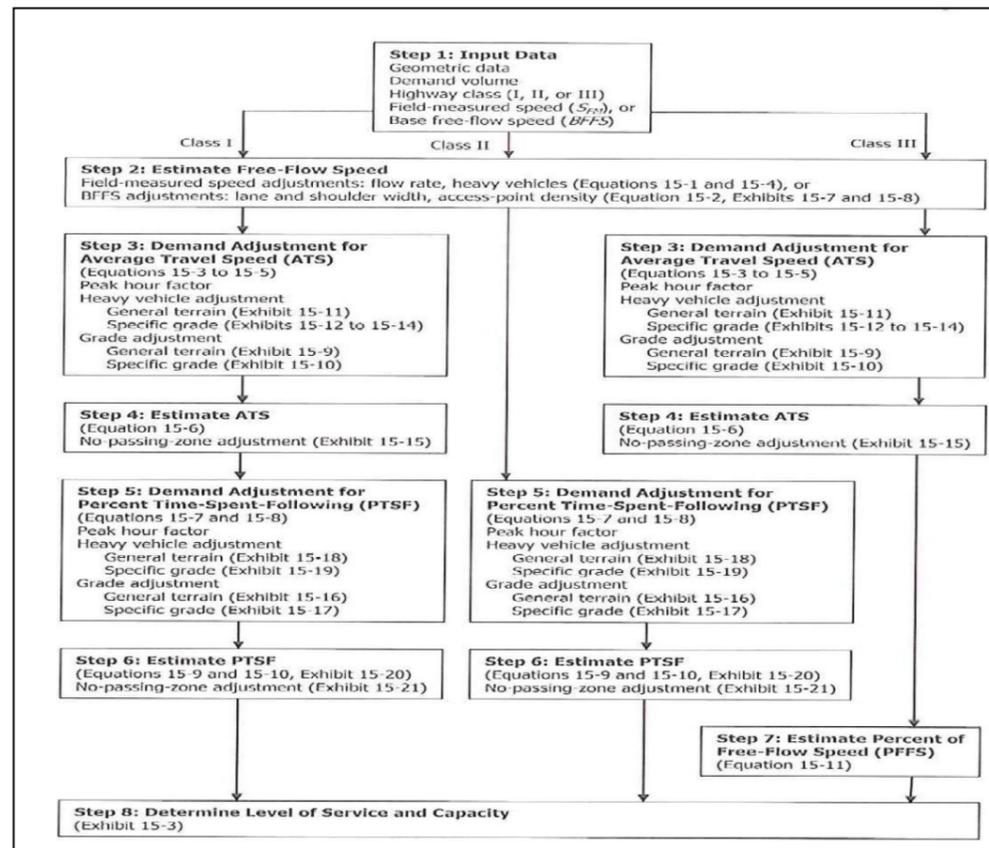


Fig. 18 Procedimiento de cálculo del nivel de servicio. Fuente: *Highway Capacity Manual 2010*.

Para el caso de la variante, que como ya se ha explicado en el apartado 3.3.2 es de Clase II, debemos seguir los pasos que se indican a excepción del 3, el 4 y el 7, que solo son de aplicación en carreteras de Clase III.

3.3.4.1 Estimación de la velocidad de flujo libre

La velocidad de flujo libre es la velocidad máxima que esperan alcanzar los conductores sin restricciones tales como altas intensidades de tráfico en un segmento uniforme. Corresponde al paso número 2 del proceso de cálculo (Fig. 19) y según el HCM 2010 existen dos formas para su obtención. Como primera opción, se puede obtener la medida directamente en campo, siempre que exista un flujo considerable, mientras que escogiendo la segunda opción puede obtenerse mediante estimaciones.

Para el cálculo de la velocidad de flujo libre en la variante se procede a utilizar la segunda fórmula citada, siendo ésta:

$$V_l = V_{lb} - F_{st} - F_a$$

Donde:

- V_l = Velocidad de flujo libre
- V_{lb} = Velocidad libre básica
- F_{st} = Factor de sección transversal
- F_a = Factor de densidad de accesos

La velocidad libre básica es la correspondiente a una carretera C-60 (60 km/h = 47mph), mientras que los factores restantes pueden ser observados en la Fig. 19. Para la realización de los cálculos se adjuntan las tablas proporcionadas por el HCM 2010 que se encuentran en el *Apéndice II: tablas para el cálculo del nivel de servicio*.

3.3.4.2 Ajuste de la demanda

El ajuste de demanda para el porcentaje de tiempo en cola es usado únicamente en carreteras de Clase I y II y corresponde al paso número 5 del proceso de cálculo (Fig. 19). El objetivo no es otro que ajustar un factor de demanda para cálculos posteriores que tiene en cuenta ciertos factores de ajuste que se presentarán a continuación.

La fórmula empleada es la siguiente:

$$v_{i,PTSF} = \frac{V_i}{FHP * f_{g,PTSF} * f_{HV,PTSF}}$$



Donde:

$v_{i,PTSF}$ = Intensidad de demanda

FHP = Factor de hora punta

V_i = Volumen de vehículos en un sentido

$f_{g,PTSF}$ = Factor de ajuste de grado

$f_{HV,PTSF}$ = Factor de ajuste para vehículos pesados, que se obtiene de:

$$f_{HV,PTSF} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

Donde:

P_T = Porcentaje de pesados en tanto por uno

E_T = Coeficiente de equivalencia de vehículos para camiones

P_R = Porcentaje de vehículos recreacionales en tanto por uno

E_R = Coeficiente de equivalencia de vehículos para camiones

Para la realización de los cálculos se adjuntan las tablas proporcionadas por el HCM 2010 que se encuentran en el *Apéndice II: tablas para el cálculo del nivel de servicio*, al final de este anejo.

3.3.4.3 Estimación del porcentaje de tiempo en cola

La estimación del porcentaje de tiempo en cola corresponde al paso número 6 del proceso de cálculo y únicamente es de aplicación en las carreteras de Clase I y II.

Una vez que se han realizado los ajustes de demanda, se procede a estimar el porcentaje de tiempo en cola con la siguiente ecuación:

$$PTSF_d = BPTSF_d + f_{np,PTSF} \left(\frac{v_{d,PTSF}}{v_{d,PTSF} + v_{o,PTSF}} \right)$$

Donde:

$PTSF_d$ = Porcentaje de tiempo en cola en la dirección del análisis.

$BPTSF_d$ = Porcentaje base de tiempo en cola, que se obtiene de la ecuación:

$$BPTSF_d = 100[1 - \exp(av_d^b)], \text{ donde } a \text{ y } b \text{ son constantes que están tabuladas.}$$

$f_{np,PTSF}$ = Factor de ajuste para zonas con adelantamiento no permitido.

$v_{d,PTSF}$ = Demanda en la dirección del análisis.

$v_{o,PTSF}$ = Demanda en la dirección opuesta al análisis.

Huelga decir que, al igual que en pasos anteriores, para la realización de los cálculos se adjuntan las tablas proporcionadas por el HCM 2010 que se encuentran en el *Apéndice II: tablas para el cálculo del nivel de servicio*.

3.3.4.4 Determinación del nivel de servicio

Para finalizar el proceso, se obtendrá el nivel de servicio de la carretera una vez obtenidos la totalidad de los valores correspondientes a los apartados anteriores y basándose la determinación en la tabla perteneciente al apartado 3.3.3. Todas las tablas de las que se han obtenido los valores proporcionados por el HCM 2010 se encuentran en el *Apéndice II: tablas para el cálculo del nivel de servicio*.

3.3.5 Resultados obtenidos

En este punto se recogen los resultados obtenidos sucesivamente en los apartados anteriores. Para la obtención de los valores referentes a la capacidad y el nivel de servicio se ha programado una hoja de cálculo con el programa *Microsoft Office Excel* en la que se han introducido las operaciones y fórmulas necesarias para obtener los valores que se presentan a continuación. Para una visión global del problema, se recomienda consultar paralelamente a este apartado el *Apéndice II: tablas para el cálculo del nivel de servicio*.

PASO 2: Estimar velocidad de flujo libre		PASO 5: Ajuste de demanda		
BFFS	47	FHP	0.88	
F_{ls}	3	$f_{g,PTSF}$	Rolling	0.71
F_a	2.5	E_T	Rolling	1.9
FFS_s	41.5	P_T	10.8	
		$f_{HV,PTSF}$	0.911410864	
PASO 6: Porcentaje de tiempo en cola		PASO 8: Determinación del nivel de servicio		
$V_{d,PTSF}$	91	A		
$V_{o,PTSF}$	61	B	SI	
$f_{g,PTSF}$	53.5	C		
$BPTSF_d$	10.66628522	D		
a	-0.0014	E		
b	0.973			
PTSF_d	42.69589048			

Fig. 19 Resultados obtenidos para el cálculo del NS. Fuente: elaboración propia

4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

4.1 Objeto

El objetivo del análisis de sensibilidad en este proyecto es cuantificar la influencia de la incertidumbre existente con respecto a los resultados obtenidos en lo que al reparto del flujo de tráfico se refiere, ya que este presenta variaciones a lo largo de los años y una aleatoriedad inherente que hace más complicada la tarea de predecir con seguridad los cambios futuros.

Para realizar este análisis de sensibilidad se ha optado por implementar el método de Montecarlo, que mediante el planteamiento de miles de situaciones diferentes de reparto del tráfico generadas de forma aleatoria nos permite estimar cómo se va a comportar el tráfico de manera general. La incertidumbre que se analiza según Montecarlo hace referencia al porcentaje del tráfico que escogerá la variante en el presente, ya que no se analiza el efecto del crecimiento anual del tráfico.

Para ello, se asume que la distribución del porcentaje de tráfico que circulará en un día cualquiera repartido entre la variante y la carretera actual variará, comportándose ésta variación según una distribución normal. Dicha distribución se basa principalmente en dos parámetros: la media y la desviación típica. Mientras que la media será directamente la obtenida en los puntos de aforo manuales, que presentaba un reparto de tráfico de 60%/40%, la desviación típica se ha elegido con un criterio que procura comprender en una distribución normal el 95% del abanico probabilístico, de forma que no fuese un valor muy alto debido a que el reparto de tráfico no debería arrojar valores muy dispares. El intervalo comprendido, como se puede ver en la Fig. 20, se sitúa entre $\pm 2 \sigma$.

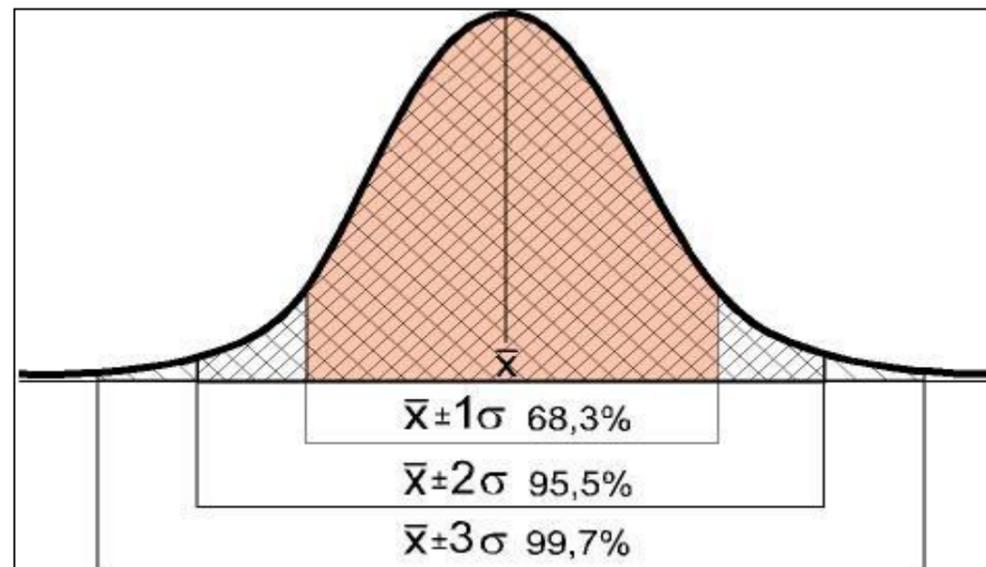


Fig. 20 Ejemplo de distribución normal. Fuente: qualitasaagg.files.wordpress.com

Además, se ha procurado que no fuese tampoco un valor pequeño, de modo que no hubiese susceptibilidad de falsear los resultados debido a la obtención de valores más

dispares entre sí. Así pues, dentro de unos límites razonables, se intenta dar un valor un poco más alto de lo normal.

4.2 Método de Montecarlo

Para la implementación del análisis de sensibilidad mediante el método de Montecarlo se ha utilizado como apoyo una hoja de cálculo de *Microsoft Office Excel*, utilizando como herramienta las macros, que a su vez se basan en *Visual Basic*, un lenguaje de programación por eventos desarrollado por *Microsoft*.

Se definen previamente los datos de entrada, al igual que se hizo para el cálculo del nivel de servicio en el apartado 3.3. Una vez hecho esto, se ha de fijar una media en lo que respecta al porcentaje de vehículos que circulan por la variante y el trazado restituído, siendo esta 60/40 como se estableció en apartados anteriores. Se establece, además, una desviación típica de $\pm 8\%$, que a pesar de ser algo elevada, servirá para estudiar de forma más precisa el comportamiento del tráfico.

Una vez hecho esto, y diseñada la macro para calcular el nivel de servicio, basta iniciar el proceso automático de iteración. Este proceso se basa en pedirle al sistema que tome números aleatorios dentro del rango establecido, cuya probabilidad de aparecer es mayor en tanto que éste se aproxime más a la media fijada. El número aleatorio proporcionado representa un hipotético porcentaje de tráfico circulando por la variante, que servirá para calcular su nivel de servicio en ese caso particular.

Para obtener unos valores representativos que demuestren los diferentes casos que podrían darse en cuanto al reparto de tráfico, se ha convenido pedirle al programa que realice un total de 20.000 iteraciones.

A continuación se muestra una figura (Fig. 21) en la que se puede ver el código utilizado en lenguaje de programación para realizar el análisis de sensibilidad.

```
Nivel De Servicio Con Macros.xlsm - Módulo1 (Código)
[General] MonteCarlo
Sub MonteCarlo()
Dim NúmeroIteraciones As Long
Dim Iteración As Long

NúmeroIteraciones = InputBox("¿Cuántas Iteraciones quieres?")
Sheets("Resultados").Range("A2:C100000").Clear
Randomize

For Iteración = 1 To NúmeroIteraciones
    Sheets("Hoja2").Cells(25, 7).Value = Rnd 'Numero aleatorio entre 0 y 100'

    'Ahora escribimos el resultado de la hoja de resultados'
    Sheets("Resultados").Cells(Iteración + 1, 1).Value = Sheets("Hoja2").Cells(14, 4).Value
    Sheets("Resultados").Cells(Iteración + 1, 2).Value = Sheets("Hoja2").Cells(14, 11).Value
    Sheets("Resultados").Cells(Iteración + 1, 3).Value = Sheets("Hoja2").Cells(15, 11).Value

Next Iteración
End Sub
```

Fig. 21 Macro para el cálculo del nivel de servicio según el porcentaje de tráfico. Fuente: elaboración propia.



4.3 Estudio del nivel de servicio

Una vez realizado el total de las iteraciones, los resultados del reparto de tráfico son obtenidos en otra hoja en un par de columnas.

En la tabla siguiente (Tabla 3) se puede apreciar el total de las iteraciones realizadas, separándolas según el resultado obtenido para el nivel de servicio basándose en el porcentaje de tiempo en cola. En la primera fila se muestra el número de iteraciones que se genera para cada nivel de servicio, mientras que en la segunda se expresa este dato como un porcentaje con respecto al total de las iteraciones, que en este caso han sido 30.000 como se ha comentado anteriormente.

Se observa que la gran mayoría comprende el espacio correspondiente a los niveles de servicio A y B, lo que respalda el cálculo del NS mediante los datos del aforo manual.

IDA			VUELTA		
A	B	C	A	B	C
TS<40	40<TS<55	55<TS<70	TS<40	40<TS<55	55<TS<70
10625	19120	255	29454	546	0
35%	64%	1%	98%	2%	0%

Tabla 3 Separación de los resultados según su nivel de servicio. Fuente: elaboración propia.

En la página siguiente se muestra en la figura (Fig. 22) el nivel de servicio en función del porcentaje de tiempo en cola. El gráfico se muestra a toda página dada la necesidad de interpretar gráficamente los resultados. Como se puede comprobar, dada la dispersión de resultados, tenemos infinidad de situaciones diferentes, pero en su mayoría la tendencia hacia la zona cercana a la media es evidente.

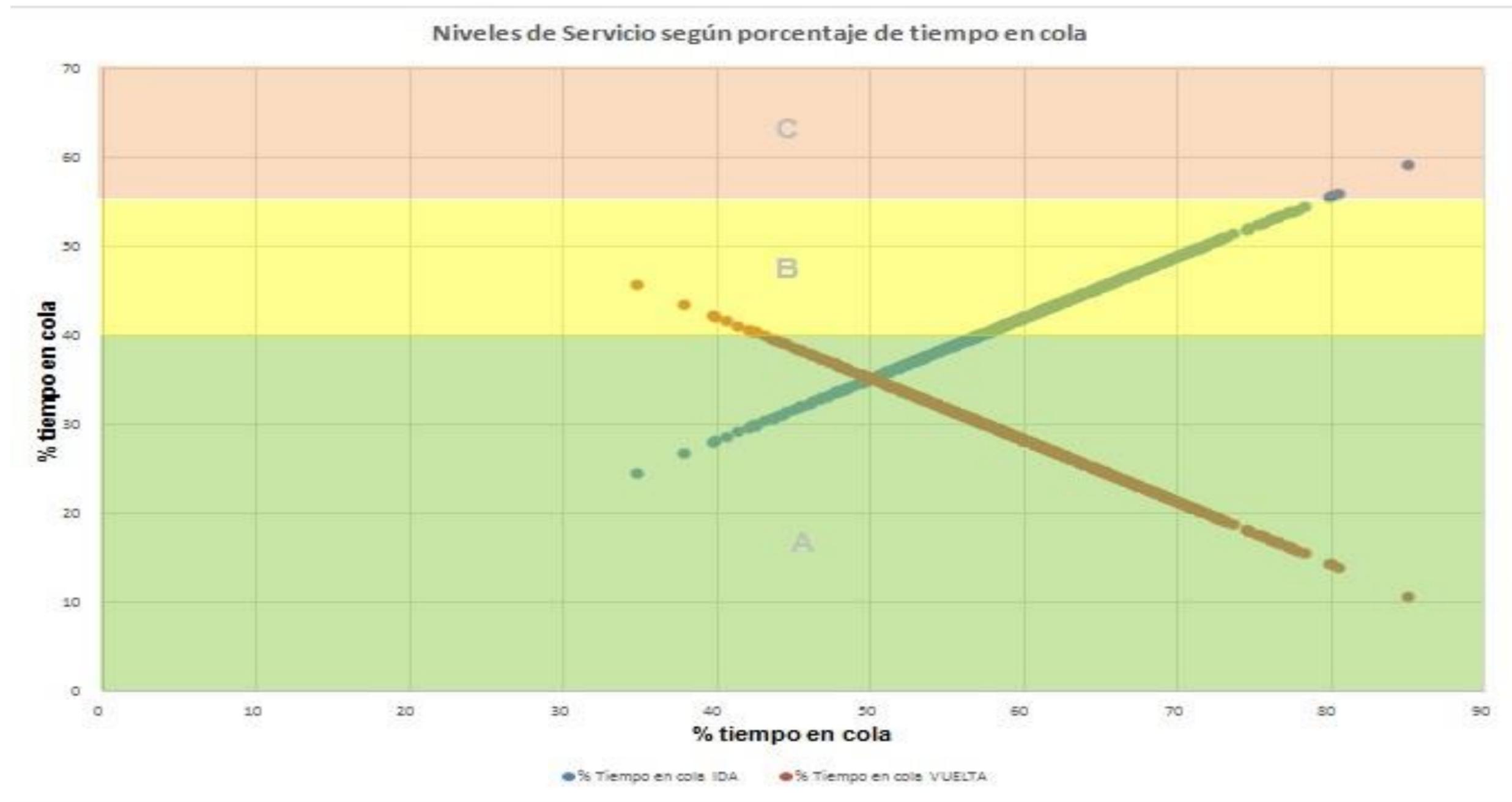


Fig. 22 Nivel de servicio en función del porcentaje de tiempo en cola. Fuente: elaboración propia.



APENDICE I- DATOS ESTACIÓN DE AFORO AFÍN



ALTERNATIVA CENTRO

El objeto de apéndice es adjuntar algunos de los documentos físicos empleados en el proceso del aforo manual con todos los datos recogidos del flujo de tráfico.

AFORADOR: MASCARELL GÓMEZ, ALBA
 UBICACIÓN: 2
 SENTIDO: 2-1

HORA	MATRÍCULA	L/P/M	HORA	MATRÍCULA	L/P/M	HORA	MATRÍCULA	L/P/M
8:02	8934	L	8:28	0609	L	8:52	0503	L
8:03	6322	P	8:29	1889	L	8:54	1606	L
8:03	V.7251	L	8:29	6217	L	8:55	1765	L
8:05	0588	L	8:31	2746	L	8:55	7413	L
8:06	2389	L	8:33	2479	P	8:56	8675	L
8:07	1181	L	8:34	9235	P	8:57	5226	L
8:07	7153	L	8:34	3443	L	8:57	9136	L
8:08	1573	L	8:36	2963	P	8:57	9522	L
8:08	9267	L	8:36	2155	L	8:58	5927	P
8:10	8246	L	8:37	7582	L	8:59	9491	L
8:11	3144	L	8:37	8792	P	8:59	8540	L
8:12	2168	L	8:38	3884	L	9:00	2083	L
8:13	8165	P	8:38	4625	L	9:01	7173	P
8:13	9183	L	8:38	4865	P	9:04	1195	L
8:14	7299	L	8:43	2711	L	9:05	5226	L
8:14	2072	L	8:43	8675	L	9:06	4561	L
8:16	6697	L	8:44	5209	L	9:06	5831	L
8:17	6103	L	8:44	1945	L	9:06	7077	L
8:17	2124	L	8:45	1436	L	9:08	9901	L
8:18	5685	L	8:45	0304	L	9:08	8290	L
8:19	8664	P	8:46	0044	L	9:10	0566	L
8:19	1861	L	8:49	4928	L	9:10	4024	L
8:20	1386	L	8:50	9980	L	9:13	7100	P
8:22	7045	L	8:51	8826	P	9:13	8675	L
8:24	0024	L	8:52	5871	L	9:14	0456	L

Fig. 23 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto 2 del aforo manual, sentido 2-1. Página 1 de 6. Fuente: elaboración grupal.

AFORADOR: ALBA, MASCARELL GÓMEZ
 UBICACIÓN: 2
 SENTIDO: 2-1

HORA	MATRÍCULA	L/P/M	HORA	MATRÍCULA	L/P/M	HORA	MATRÍCULA	L/P/M
9:14	7045	L	9:50	2379	L	10:13	7720	L
9:16	8240	L	9:51	3827	L	10:18	3794	P
9:24	5033	L	9:51	5308	L	10:19	6467	L
9:25	6056	L	9:52	8025	L	10:19	3261	L
9:25	1079	L	9:53	9465	L	10:20	1812	P
9:29	4444	L	9:53	8050	L	10:21	7534	L
9:29	5065	L	9:53	7921	L	10:23	9140	P
9:30	6452	L	9:59	5069	L	10:24	9021	P
9:33	2307	L	9:59	9515	P	10:24	2505	L
9:33	5160	L	10:00	4076	L	10:24	6916	L
9:39	3158	P	10:00	7438	L	10:24	0148	L
9:39	9095	L	10:00	8368	L	10:24	5788	L
9:39	7586	L	10:01	7413	L	10:28	2194	L
9:39	2040	L	10:01	5279	L	10:28	9964	L
9:40	4608	L	10:02	6535	L	10:30	1181	L
9:41	4079	L	10:07	6789	P	10:30	5226	L
9:42	0858	L	10:08	4972	L	10:31	8866	L
9:44	3489	L	10:09	6317	L	10:32	0569	L
9:45	5132	L	10:09	4408	L	10:32	0800	L
9:45	3840	L	10:10	7737	L	10:33	2354	L
9:46	9774	P	10:10	4975	L	10:33	3925	L
9:47	5462	L	10:12	3132	L	10:34	3212	L
9:47	4603	L	10:13	2086	L	10:34	7570	L
9:49	9077	L	10:13	9395	L	10:35	2041	P
9:50	2077	P	10:13	3569	L	10:35	7880	L

Fig. 24 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto 2 del aforo manual, sentido 2-1. Página 2 de 6. Fuente: elaboración grupal.



ALTERNATIVA CENTRO

AFORADOR: Ignacio Anteaga Jaimes
 UBICACIÓN: 2
 SENTIDO: 2-1

HORA	MATRÍCULA	L/P/M	HORA	MATRÍCULA	L/P/M	HORA	MATRÍCULA	L/P/M
10:55	6371	L	11:26	4919	L			
10:58	4460	L	11:27	4682	L			
11:00	5914	L	11:28	2424	L			
11:00	0653	L	11:29	0344	L			
11:02	4670	L	11:30	9522	L			
11:03	3169	P	11:31	5412	L			
11:04	8540	L	11:31	0092	L			
11:07	2401	L	11:33	8050	L			
11:07	8801	L	11:34	3060	L			
11:09	8650	L	11:38	2880	L			
11:10	3727	L	11:38	6528	L			
11:12	5793	P	11:40	0906	L			
11:12	9802	L	11:42	3701	L			
11:13	3180	L	11:42	9937	L			
11:13	0716	L	11:43	3274	L			
11:14	4426	L	11:43	3196	L			
11:16	5018	L	11:43	9762	L			
11:17	1856	L	11:44	5625	L			
11:18	1594	L	11:48	6191	M			
11:20	4134	L	11:48	0664	L			
11:23	8815	L	11:49	9183	L			
11:25	2761	L	11:53	4933	L			
11:25	3092	L	11:56	0864	L			
11:26	3641	L	11:56	3010	L			
11:26	2062	L						

Fig. 25 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto 2 del aforo manual, sentido 2-1. Página 3 de 6. Fuente: elaboración grupal.

AFORADOR: ALBA MASCADELL GÓMEZ
 UBICACIÓN: 2
 SENTIDO: 2-1

HORA	MATRÍCULA	L/P/M	HORA	MATRÍCULA	L/P/M	HORA	MATRÍCULA	L/P/M
10:38	0141	L						
10:38	2603	L						
10:39	7348	L						
10:41	3248	L						
10:41	7954	L						
10:41	6858	L						
10:41	9870	L						
10:43	4288	L						
10:43	1162	L						
10:44	9702	L						
10:45	4928	L						
10:46	6538	L						
10:47	1364	L						
10:51	0503	L						
10:51	7604	L						
10:52	0378	L						
10:52	9293	L						
10:52	2916	L						
10:53	3060	L						
10:54	8319	L						

Fig. 26 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto 2 del aforo manual, sentido 2-1. Página 4 de 6. Fuente: elaboración grupal.



ALTERNATIVA CENTRO

AFORADOR: SANDRA FERNÁNDEZ BENÍTEZ
 UBICACIÓN: 2
 SENTIDO: 2-1

HORA	MATRÍCULA	L/P/M	HORA	MATRÍCULA	L/P/M	HORA	MATRÍCULA	L/P/M
11:57	9052	L	12:15	7570	L	12:36	3004	L
11:58	2495	L	12:16	5840	L	12:36	8907	L
12:00	7904	L	12:18	5469	L	12:39	0213	L
12:00	2688	L	12:18	2039	L	12:40	3058	L
12:00	4252	L	12:20	0990	L	12:40	1441	L
12:02	4555	L	12:21	6543	L	12:40	3260	L
12:02	0470	L	12:22	3879	L	12:40	7209	L
12:04	9297	L	12:23	5929	L	12:40	2955	L
12:04	6527	L	12:24	9043	L	12:41	0898	L
12:06	0625	L	12:24	3043	L	12:42	5660	L
12:06	5092	L	12:25	1330	L	12:43	0527	L
12:06	7244	L	12:27	9491	L	12:43	3080	L
12:07	6114	L	12:28	8525	L	12:44	1430	L
12:07	9416	L	12:28	6534	L	12:45	7742	L
12:08	6724	L	12:29	7830	L	12:45	8165	L
12:09	1116	L	12:29	1119	L	12:46	4175	L
12:10	3353	L	12:29	0851	L	12:47	9170	L
12:10	2154	L	12:29	2980	L	12:47	5300	L
12:11	9426	L	12:30	0228	L	12:49	8447	L
12:12	9275	L	12:30	6543	L	12:50	3020	L
12:12	4276	L	12:31	2469	L	12:50	8199	L
12:13	4716	L	12:31	7417	L	12:51	1191	L
12:13	6405	L	12:31	2993	L	12:52	8622	L
12:13	3658	L	12:33	7720	L	12:52	1966	L
12:13	7880	L	12:33	2317	L	12:54	2487	L

Fig. 27 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto 2 del aforo manual, sentido 2-1. Página 5 de 6. Fuente: elaboración grupal.

AFORADOR: Fernando España Monedero
 UBICACIÓN: 2
 SENTIDO: 2-1

HORA	MATRÍCULA	L/P/M	HORA	MATRÍCULA	L/P/M	HORA	MATRÍCULA	L/P/M
12:54	2488	L	13:17	2535	L	13:45	1146	L
12:54	3132	L	13:18	6859	L	13:46	7363	L
12:57	4095	P	13:21	8368	L	13:46	8280	L
12:57	03689	L	13:21	8815	L	13:47	3086	L
12:57	8815	L	13:22	3469	L	13:49	7334	L
12:59	4086	L	13:24	2314	L	13:49	3676	L
13:00	2309	L	13:24	5394	L	13:50	3796	L
13:02	1637	L	13:26	8525	L	13:52	1000	L
13:03	1696	L	13:26	2675	L	13:54	5811	L
13:04	3999	L	13:30	1771	L	13:54	1149	L
13:04	5132	L	13:32	5868	L	13:54	6836	L
13:07	3920	L	13:34	1765	L	13:54	2079	L
13:08	6897	L	13:34	3794	P	13:54	4765	L
13:09	2683	L	13:36	4415	L	13:55	8240	L
13:10	4621	L	13:36	9415	L	13:56	0794	L
13:12	6655	L	13:39	5733	L	13:56	6620	P
13:12	2467	L	13:39	9907	L	13:57	4513	L
13:12	1723	L	13:39	1724	L	13:58	no se ve	M
13:12	5284	L	13:40	5033	L	13:58	no se ve	M
13:12	09937	M (?)	13:41	9834	L	13:58	sin matrícula	M
13:14	0727	L	13:43	2731	L	13:59	5749	L
13:14	1246	L	13:44	1840	L	14:00	0505	L
13:14	6764	L	13:45	6869	L	14:00	8775	L
13:14	4967	L	13:45	7412	L			
13:14	7374	L	13:45	7417	L			

Fig. 28 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto 2 del aforo manual, sentido 2-1. Página 6 de 6. Fuente: elaboración grupal.



ALTERNATIVA CENTRO

AFORADOR: ROCÍO LÓPEZ DE LA TORRE
 UBICACIÓN: 2
 SENTIDO: 1-2

HORA	MATRÍCULA	L/P/M	HORA	MATRÍCULA	L/P/M	HORA	MATRÍCULA	L/P/M
8:03	6851	L	8:25	8906	L	8:36	0851	L
8:04	6472	L	8:26	0503	L	8:37	0990	P
8:05	4506	L	8:26	9644	L	8:37	3223	P
8:06	6474	L	8:27	5215	L	8:37	2761	L
8:06	1127	L	8:27	2421	L	8:37	7926	L
8:07	4970	L	8:28	4928	L	8:37	3369	L
8:08	5813	L	8:28	9901	P	8:37	6543	L
8:09	6670	L	8:28	9394	L	8:38	2202	L
8:09	2236	L	8:28	1945	L	8:37	0794	L
8:10	3925	L	8:29	9021	P	8:40	9497	L
8:12	9267	L	8:29	9095	L	8:40	8675	L
8:13	7195	L	8:30	8493	L	8:41	0044	L
8:13	6926	P	8:30	7989	L	8:43	5209	L
8:14	9774	P	8:30	4637	L	8:43	2379	P
8:15	3144	L	8:31	8773	L	8:44	9584	L
8:17	6869	L	8:31	6576	L	8:45	7045	L
8:18	9694	L	8:32	7914	L	8:47	5857	L
8:18	3794	P	8:32	0684	P	8:49	3354	L
8:18	2683	L	8:32	2039	L	8:49	578	L
8:19	8826	P	8:33	5813	L	8:50	8675	L
8:20	2308	L	8:33	1343	L	8:50	6303	L
8:21	4945	L	8:33	5831	L	8:52	1155	L
8:22	03689	L	8:34	2155	L	8:54	2391	L
8:25	1812	P	8:35	0183	L	8:56	3169	P
8:25	2041	P	8:36	5033	L	8:57	0133	L

Fig. 29 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto 2 del aforo manual, sentido 1-2. Página 1 de 8. Fuente: elaboración grupal.

AFORADOR: ROCÍO LÓPEZ DE LA TORRE
 UBICACIÓN: 2
 SENTIDO: 1-2

HORA	MATRÍCULA	L/P/M	HORA	MATRÍCULA	L/P/M	HORA	MATRÍCULA	L/P/M
8:58	7007	L	9:18	6978	L	9:37	0002	L
8:58	2746	L	9:18	7959	L	9:38	2354	L
8:59	2487	L	9:18	1351	L	9:39	1538	L
9:00	9281	L	9:19	6093	L	9:39	8293	L
9:00	5226	L	9:20	6276	L	9:39	4444	L
9:00	5412	L	9:21	2319	L	9:39	4538	L
9:02	9043	L	9:21	9465	L	9:39	0588	L
9:02	1079	L	9:22	2387	L	9:40	3965	L
9:04	8240	L	9:23	1195	L	9:40	5840	L
9:04	9515	P	9:24	0209	L	9:40	4977	L
9:05	8615	L	9:24	6754	P	9:40	7720	L
9:05	9023	L	9:24	8259	L	9:41	7045	L
9:06	6114	L	9:24	1246	L	9:41	4086	L
9:07	4126	L	9:24	6301	L	9:41	1840	L
9:08	4252	L	9:26	5868	L	9:42	8539	L
9:08	2495	L	9:28	3664	P	9:42	8280	L
9:09	4060	L	9:28	6656	L	9:44	7062	L
9:09	1704	L	9:28	7421	L	9:44	2061	L
9:09	3221	L	9:31	9907	L	9:46	5033	L
9:12	4493	L	9:31	4716	L	9:46	5201	L
9:14	3327	L	9:32	8635	L	9:47	2274	L
9:14	5999	L	9:33	9426	L	9:48	2517	L
9:15	7413	L	9:35	8349	L	9:49	2422	L
9:17	6298	L	9:37	2666	L	9:50	7138	L
9:17	1181	L	9:37	2065	L	9:51	0684	L

Fig. 30 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto 2 del aforo manual, sentido 1-2. Página 2 de 8. Fuente: elaboración grupal.



ALTERNATIVA CENTRO

AFORADOR: JORGE CARRES CASTELLÓN
 UBICACIÓN: 2
 SENTIDO: 1→2

HORA	MATRÍCULA	L/P/M	HORA	MATRÍCULA	L/P/M	HORA	MATRÍCULA	L/P/M
11:57	7417	L	12:14	0622	L	12:33	5214	L
11:59	3641	L	12:14	1703	L	12:34	7058	M
12:01	0141	L	12:14	2468	L	12:34	7924	L
12:01	8240	L	12:15	4181	L	12:35	8525	L
12:01	4182	L	12:15	3010	L	12:36	6671	L
12:02	0529	L	12:16	7904	L	12:38	9929	L
12:02	6148	L	12:18	1211	L	12:38	1573	L
12:02	0129	L	12:19	1923	L	12:39	5097	L
12:03	7742	L	12:19	9219	L	9871		No sale
12:04	3794	P	12:20	4159	L	12:43	5303	L
12:04	3261	L	12:21	3701	L	12:44	3092	L
12:04	9804	L	12:23	0677	L	12:46	6837	L
12:05	4357	L	12:24	4093	P	12:47	5871	L
12:07	9267	L	12:24	9484	L	12:49	3300	L
12:08	0213	L	12:25	0550	P	12:50	1268	P
12:09	4570	L	12:25	9834	L	12:51	0609	L
12:09	8467	L	12:26	3201	L	12:51	6114	L
12:09	7438	L	12:26	1292	No sale	12:52	7720	L
12:09	9870	L	12:28	8642	L	12:53	5132	L
12:11	6217	L	12:28	9748	L	12:53	2629	L
12:11	6632	L	12:29	2133	L	12:53	3004	L
12:11	6650	L	12:31	9170	L	12:53	6527	L
12:11	2424	L	12:31	7656	L			
12:13	2501	L	12:32	2467	L			
12:14	5955	L	12:32	6655	P			

Fig. 35 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto 2 del aforo manual, sentido 1-2. Página 7 de 8. Fuente: elaboración grupal.

AFORADOR: Jorge Catalán
 UBICACIÓN: 2
 SENTIDO: 1→2

HORA	MATRÍCULA	L/P/M	HORA	MATRÍCULA	L/P/M	HORA	MATRÍCULA	L/P/M
12:57	4076	L	13:19	4972	L	13:40	6371	L
12:57	4707	L	13:20	0944	L	13:40	0600	L
12:59	1327	L	13:21	0743	L	13:41	7662	L
12:59	7886	L	13:21	3658	L	13:42	2401	L
13:01	4928	L	13:22	0304	L	13:42	4561	L
13:01	0625	L	13:23	6452	L	13:42	3193	L
13:01	0704	L	13:23	1000	L	1840		
13:02	9491	L	13:24	4621	L	13:46	4732	L
13:03	6317	L	13:24	4624	L	13:48	6171	L
13:05	4621	L	13:27	3840	L	13:50	1696	L
13:06	9412	L	13:27	9095	L	13:51	2307	L
13:06	6718	L	13:28	9170	L	13:52	9522	L
13:07	8815	L	13:28	3424	L	13:53	8654	P
13:08	0653	L	13:30	1191	L	13:53	0200	L
13:08	6576	L	13:30	8477	L	13:54	7253	L
13:08	2124	L	13:32	1765	L	13:54	9071	L
13:10	3045	L	13:32	5111	L	13:55	0616	L
13:12	4402	L?	13:33	9702	L ^{BUS}	13:57	9980	L
13:12	2987	L	13:33	5811	L	13:58	9059	L
13:15	1441	L	13:34	3027	L	13:58	4903	L
13:17	4638	L	13:35	0470	L	13:59	2555	L
13:17	7879	L	13:39	0560	L	14:00	8157	L
13:17	9522	L	13:39	5154	L	14:00	9844	L
13:17	2873	L	13:40	1149	L			
13:18	1804	L	13:40	4961	L			

Fig. 36 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto 2 del aforo manual, sentido 1-2. Página 8 de 8. Fuente: elaboración grupal.



APENDICE II- TABLAS PARA EL CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO



El objeto de este apéndice es recopilar las tablas extraídas del Highway Capacity Manual 2010 y adaptadas mediante elaboración propia al sistema métrico decimal para el cálculo del nivel de servicio de carreteras clase II.

Las tablas se presentan por estricto orden de uso en el cálculo realizado tal y como se explica en el anejo 4.

Tablas necesarias para el paso 2:

Factor de sección transversal (f_{LS}) para el cálculo de la velocidad de flujo libre				
Anchura de carril - A (m)	Reducción de la velocidad libre			
	Anchura de arcén - a (m)			
	$0,0 \leq a < 0,6$	$0,6 \leq a < 1,2$	$1,2 \leq a < 1,8$	$a \geq 1,8$
$2,7 \leq A < 3,0$	10,3	7,7	5,6	3,5
$3,0 \leq A < 3,3$	8,5	6	3,9	1,8
$3,3 \leq A < 3,6$	7,6	4,8	2,7	0,6
$A \geq 3,6$	6,8	4,2	2,1	0,0

Tabla 4 Factor de ajuste de la sección transversal para determinar la velocidad de flujo libre. Fuente: elaboración propia a partir del HCM 2010.

Factor de densidad de accesos (F_A) para cálculo de velocidad de flujo libre	
Densidad de accesos (n° accesos/km) (ambas direcciones)	Reducción de la velocidad libre (km/h)
0	0
6	4
12	8
18	12
25	16

Tabla 5 Factor de densidad de accesos para determinar la velocidad de flujo libre. Fuente: elaboración propia a partir del HCM 2010.

Tablas necesarias para el paso 5:

Factor de pendiente ($f_{B,ATS}$) para el cálculo del porcentaje de tiempo en cola		
Intensidad direccional* (veh/h)	Perfil longitudinal	
	Llano o pendiente específica	Ondulado
≤ 100	1,00	0,73
200	1,00	0,80
300	1,00	0,85
400	1,00	0,90
500	1,00	0,96
600	1,00	0,97
700	1,00	0,99
800	1,00	1,00
≥ 900	1,00	1,00

*Intensidad de hora punta

Tabla 6 Factor de pendiente para determinar el porcentaje de tiempo en cola. Fuente elaboración propia a partir del HCM 2010.

Factor de equivalencia para camiones (E_c) para cálculo del porcentaje de tiempo en cola			
Tipo de vehículo	Intensidad direccional* (veh/h)	Perfil longitudinal	
		Llano o pendiente específica	Ondulado
Camiones	≤ 100	1,1	1,9
	200	1,1	1,8
	300	1,1	1,7
	400	1,1	1,6
	500	1,0	1,4
	600	1,0	1,2
	700	1,0	1,0
	800	1,0	1,0
	≥ 900	1,0	1,0

*Intensidad de hora punta

Tabla 7 Factor equivalencia de pesados para determinar el porcentaje de tiempo en cola. Fuente: elaboración propia a partir del HCM 2010.



Factor de prohibición de adelantamiento y descompensación de sentidos ($F_{np,PTSF}$) para cálculo del % de tiempo en cola						
Intensidad total (tur/h)	Tramos con prohibición de adelantamiento (%)					
	0	20	40	60	80	100
Flujo direccional 50/50						
≤ 200	9,0	29,2	43,4	49,4	51,0	52,6
400	16,2	41,0	54,2	61,6	63,8	65,8
600	15,8	38,2	47,8	53,2	55,2	56,8
800	15,8	33,8	40,4	44,0	44,8	46,6
1400	12,8	20,0	23,8	26,2	27,4	28,6
2000	10,0	13,6	15,8	17,4	18,2	18,8
2600	5,5	7,7	8,7	9,5	10,1	10,3
3200	3,3	4,9	5,1	5,5	5,7	6,1
Flujo direccional 60/40						
≤ 200	11,0	30,6	41,0	51,2	52,3	53,5
400	14,6	36,1	44,8	53,4	55,0	56,3
600	14,8	36,9	44,0	51,1	52,8	54,6
800	13,6	28,2	33,4	38,6	39,9	41,3
1400	11,8	18,9	22,1	25,4	26,4	27,3
2000	9,1	13,5	15,6	16,0	16,8	17,3
2600	5,9	7,7	8,6	9,6	10,0	10,2
Flujo direccional 70/30						
≤ 200	9,9	28,1	38,0	47,8	48,5	49,0
400	10,6	30,3	38,6	46,7	47,7	48,8
600	10,9	30,9	37,5	43,9	45,4	47,0
800	10,3	23,6	28,4	33,3	34,5	35,5
1400	8,0	14,6	17,7	20,8	21,6	22,3
2000	7,3	9,7	11,7	13,3	14,0	14,5
Flujo direccional 80/20						
≤ 200	8,9	27,1	37,1	47,0	47,4	47,9
400	6,6	26,1	34,5	42,7	43,5	44,1
600	4,0	24,5	31,3	38,1	39,1	40,0
800	3,8	18,5	23,5	28,4	29,1	29,9
1400	3,5	10,3	13,3	16,3	16,9	32,2
2000	3,5	7,0	8,5	10,1	10,4	10,7
Flujo direccional 90/10						
≤ 200	4,6	24,1	33,6	43,1	43,4	43,6
400	0,0	20,2	28,3	36,3	36,7	37,0
600	-3,1	16,8	23,5	30,1	30,6	31,1
800	-2,8	10,5	15,2	19,9	20,3	20,8
1400	-1,2	5,5	8,3	11,0	11,5	11,9

Tabla 9 Factor $f_{np,PTSF}$ para determinar el % de tiempo en cola. Fuente: elaboración propia a partir del HCM 2010.

Coeficientes a y b para el cálculo de % tiempo en cola		
Intensidad en la dirección opuesta (tur/h)	Coeficiente a	Coeficiente b
≤ 200	-0,0014	0,973
400	-0,0022	0,923
600	-0,0033	0,87
800	-0,0045	0,833
1000	-0,0049	0,829
1200	-0,0054	0,825
1400	-0,0058	0,821
≥ 1600	-0,0062	0,817

Tabla 8 Coeficientes a y b para determinar el porcentaje de tiempo en cola. Fuente: elaboración propia a partir del HCM 2010.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



ANEJO N°6

SEGURIDAD VIAL

ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA).

ALTERNATIVA CENTRO



ANEJO 6: SEGURIDAD VIAL

ÍNDICE

1. OBJETO.....	2
2. ESTUDIO DEL PERFIL DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN	2
2.1 Realización del perfil de velocidad de operación.....	2
2.1.1 Metodología empleada.....	2
2.1.2 Obtención de la velocidad de operación en curvas.....	3
2.1.3 Obtención de la velocidad de operación en rectas.....	3
2.1.4 Obtención de las tasas de aceleración y deceleración	3
2.1.5 Tabla de apoyo para el cálculo de los perfiles	4
2.1.6 Representación de los perfiles de velocidad de operación	4
3. ESTUDIO DE LA CONSISTENCIA	6
3.1 Consistencia local.....	6
3.2 Consistencia global.....	6
3.2.1 Tramificación mediante CCR	7
3.2.2 Cálculo de la consistencia global	7
4. ANÁLISIS DE VISIBILIDAD	8
4.1 Introducción al análisis de visibilidad.....	8
4.2 Cálculo de la visibilidad de parada	8
4.3 Comparativa entre la visibilidad y la distancia de parada	9
5. ESTIMACIÓN DE ACCIDENTES.....	11
5.1 Factores principales que influyen en la siniestralidad.....	12
5.2 Cálculo del número de accidentes.....	12

APENDICE I- DATOS DE ENTRADA DEL PERFIL DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN

APÉNDICE II- PERFILES DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN

APÉNDICE III- VISIBILIDAD DE PARADA PREVIA AL REDISEÑO

1. OBJETO

El anejo que se presenta a continuación se basa en el estudio de la seguridad vial de la alternativa centro de la que sería la futura variante de la CV-35 a su paso por el municipio de Chelva.

El objetivo no es otro que garantizar las condiciones de seguridad y operatividad de la carretera que estará a disposición de conductores de todo tipo de vehículos, además de responder positivamente a los atributos que se esperan de una vía de estas características. Para ello, y dada la dificultad de no interferir en otras partes del estudio básico, el contenido de este anejo se ha realizado en todo momento mediante la cooperación con la persona responsable del diseño geométrico de la alternativa centro durante la concepción del trazado, siendo esta colaboración generadora de sinergias positivas para ambas partes.

En los apartados posteriores se van a tratar aspectos clave de la seguridad vial en el trazado, tales como la realización de perfiles de velocidad de operación para analizar la consistencia o un estudio de visibilidad, además de una estimación de accidentes para los años posteriores basándonos en datos históricos.

2. ESTUDIO DEL PERFIL DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN

En este apartado se van a elaborar los perfiles de velocidad de operación para ambos sentidos de la vía, además de analizar los gráficos y resultados generados.

Se entiende por velocidad de operación aquella velocidad a la que los conductores tienden a circular en condiciones normales a lo largo de su trayecto y que varía con respecto a la geometría del trazado. Esta velocidad depende, además de su geometría, del entorno y los factores sociales y ambientales.

El objetivo principal de una vía rural interurbana como es la que se trata en este caso es servir como conexión entre uno o más municipios, en la que el usuario espera alcanzar su destino de la forma más rápida y segura posible. Es evidente que los conceptos de velocidad y seguridad vial irán de la mano en la fase de diseño y explotación, pues el proyecto debe garantizar una velocidad de operación lo suficientemente rápida para satisfacer al usuario, pero al mismo tiempo bajo unos umbrales que no comprometan su seguridad y operatividad.

Para esta primera fase de diseño se tendrán en cuenta dos valores de velocidad diferentes, que son la velocidad de operación y la velocidad de diseño. Suele definirse como velocidad de operación al percentil 85 de la velocidad, en condiciones de flujo libre, a la que se espera que circulen los usuarios. Por otro lado, se dispone de la velocidad de diseño o de proyecto, que es aquella velocidad escogida principalmente para el diseño de las curvas, el peralte, la rasante o la visibilidad del trazado, siendo su valor inferior a la de operación.

La interacción de la seguridad vial y del diseño geométrico es crucial en éste ámbito, pues el diseño inicial puede verse modificado una vez se hayan analizado aspectos de

seguridad. El feedback recibido por cada una de las partes servirá para encontrar una solución de compromiso entre las dos y que desemboca en poder proyectar una infraestructura de mayor calidad.

2.1 Realización del perfil de velocidad de operación

Para obtener los perfiles de velocidad de operación se parte de la aplicación de fórmulas teóricas, que utilizando como datos de partida la longitud de las rectas y curvas, además de su radio en planta, permitirán obtener sus velocidades de operación tanto en ida como en vuelta y las tasas de aceleración y deceleración. En los subapartados posteriores se explica con detalle la metodología empleada para obtener los perfiles de velocidad en ambos sentidos de circulación, tales como el del ejemplo (Fig. 1).

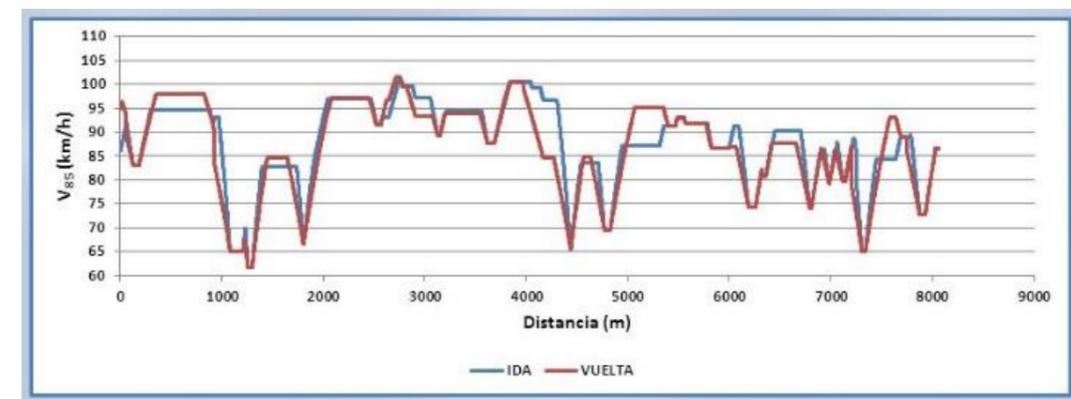


Fig. 1. Ejemplo de perfil de velocidad de operación basado en v85. Fuente: apuntes de seguridad vial. Universitat Politècnica de València.

2.1.1 Metodología empleada

La obtención de los perfiles sigue unos pasos metódicos, que aunque sencillos, deben realizarse en riguroso orden.

En los gráficos de representación se introducen los P.K. en el eje de abscisas y en el eje de ordenadas las velocidades de operación. Una vez obtenidas todas las velocidades de operación en rectas y curvas en ambos sentidos, se plasmarán en un perfil y representarán aquellas velocidades a las que el percentil 85 de los conductores circulará por dichos elementos.

En cuanto a los elementos de transición entre curvas y rectas, que consistirán en clotoides simétricas, servirán como tránsito entre velocidades de operación de elementos consecutivos. Deberán disponer de longitud suficiente para que esta transición se efectúe de forma gradual y en condiciones de seguridad. Aplicando las tasas de aceleración y deceleración en cada caso, y mediante las ecuaciones que describen el Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado, se obtienen las velocidades de operación, que irán variando metro a metro. Para realizar estos cálculos, se utiliza como apoyo durante todo el proceso una hoja de *Microsoft Office Excel*.



2.1.2 Obtención de la velocidad de operación en curvas

Para determinar la velocidad de operación en las curvas se establece la hipótesis de mantener la velocidad constante a lo largo del tramo circular, por lo que para converger hacia la velocidad de las rectas contiguas, ya sea mediante aceleración o deceleración, se utilizan curvas de transición como son las clotoides. Las variables que condicionarán la velocidad en las curvas serán el radio, la longitud y el ángulo girado, que como ya se ha comentado anteriormente, son de carácter geométrico.

Las fórmulas utilizadas para la obtención de las velocidades de operación en curvas es el descrito por Pérez *et al.* (2010). Según el valor constante del radio de curvatura en tramos circulares, se presentan las siguientes fórmulas:

$$V_{85c} = 97.4254 - 3310.94 * R; 400 \text{ m} < R \leq 950 \text{ m}$$

$$V_{85c} = 102.048 - 3990.26 * R; 70 \text{ m} < R \leq 400 \text{ m}$$

Siendo:

V_{85c} = Percentil 85 de velocidad de operación.

R = Radio de curvatura.

Como información a destacar, se ha empleado el mismo valor de velocidad de operación para las curvas tanto para el sentido de ida como el de vuelta, ya que el parámetro determinante será el radio de las mismas, que permanece constante.

2.1.3 Obtención de la velocidad de operación en rectas

La obtención de la velocidad de operación en rectas se realiza una vez obtenidas las velocidades de las curvas. En el modelo matemático se tienen en cuenta variables como son las velocidades de operación en las curvas circulares anteriores a la recta y sus correspondientes radios. A diferencia de las curvas, la velocidad en recta depende del elemento anterior, lo que explica la variación de su valor según el estudio se sitúe en el sentido de ida o en el de vuelta. A su vez, esto justifica la necesidad de respetar el método de cálculo, que precisa de rigor en cuanto al orden de determinación de las velocidades.

La velocidad de operación en recta se calcula, de nuevo, mediante el método empleado por Pérez *et al.* (2010). Dependiendo de la longitud de la recta y del radio de la curva precedente, la fórmula resulta:

$$V_{85r} = V_{85c} + (1 - e^{-L*\alpha}) * (110 - V_{85c})$$

Donde:

V_{85r} = Velocidad de operación en recta.

V_{85c} = Velocidad de operación en curva.

L = Longitud de la recta.

$$\alpha = 0,00135 + (R - 100) * 7,00625 * 10^{-6}$$

2.1.4 Obtención de las tasas de aceleración y deceleración

Una vez calculadas las velocidades de operación de los tramos rectos y circulares, es necesario obtener las tasas de aceleración y deceleración que permitirán aumentar o disminuir la velocidad para que las de los elementos consecutivos converjan entre sí.

Para el caso de estudio se han considerado criterios desarrollados en la *Universitat Politècnica de València* (Pérez, García y Camacho, 2010) con los que se han de conseguir unos perfiles coherentes en su conjunto.

Para la tasa de deceleración se ha considerado la aplicación de la siguiente fórmula:

$$D_{85} = 0,313 + 114,436 * R$$

Donde:

D_{85} = Tasa de deceleración.

R = Radio de curvatura de la curva posterior.

Del mismo modo, se ha considerado la siguiente expresión para la tasa de aceleración:

$$A_{85} = 0,417 + 65,936 * R$$

Donde:

A_{85} = Tasa de aceleración.

R = Radio de curvatura de la curva anterior.

Para la aplicación del método, las tasas se calculan con respecto a la curva cuya velocidad es menor que la de la recta, ya sea posterior (resultará una deceleración) o anterior (resultará una aceleración).



2.1.5 Tabla de apoyo para el cálculo de los perfiles

Una vez se ha obtenido todo lo indicado previamente, es posible proceder a implementarlo en una hoja de cálculo de *Microsoft Office Excel* en forma de tabla. La razón de hacerlo de esta manera no es otra que disponer de las fórmulas referenciadas con celdas en las que se introducen los datos para futuros cambios que se realizan en la fase de diseño geométrico. En esta fase se requerirán modificaciones en la longitud y en los elementos del trazado, que afectarán a todos los valores de velocidad y tasas de los que ya se dispone.

Por razones de dimensión de la tabla que incluye una parte del estado de alineaciones y los datos de entrada se ha optado por adjuntarlo en el *Apéndice I: datos de entrada del perfil de velocidad de operación* en pro de la adecuada visibilidad de los resultados, ya que además la tabla incluye todos los datos de entrada del problema.

2.1.6 Representación de los perfiles de velocidad de operación

Tomando como datos de partida los mencionados anteriormente, y valiéndonos de la tabla preparatoria que se nombra en el apartado anterior y tiene su representación en el *Apéndice I: datos de entrada del perfil de velocidad de operación*, se procede a representar las velocidades de operación metro a metro. En las siguientes figuras (Fig. 2 y Fig. 3) se ven plasmadas las velocidades de las rectas y las curvas circulares previas a la obtención de los tramos de clotoide restantes.

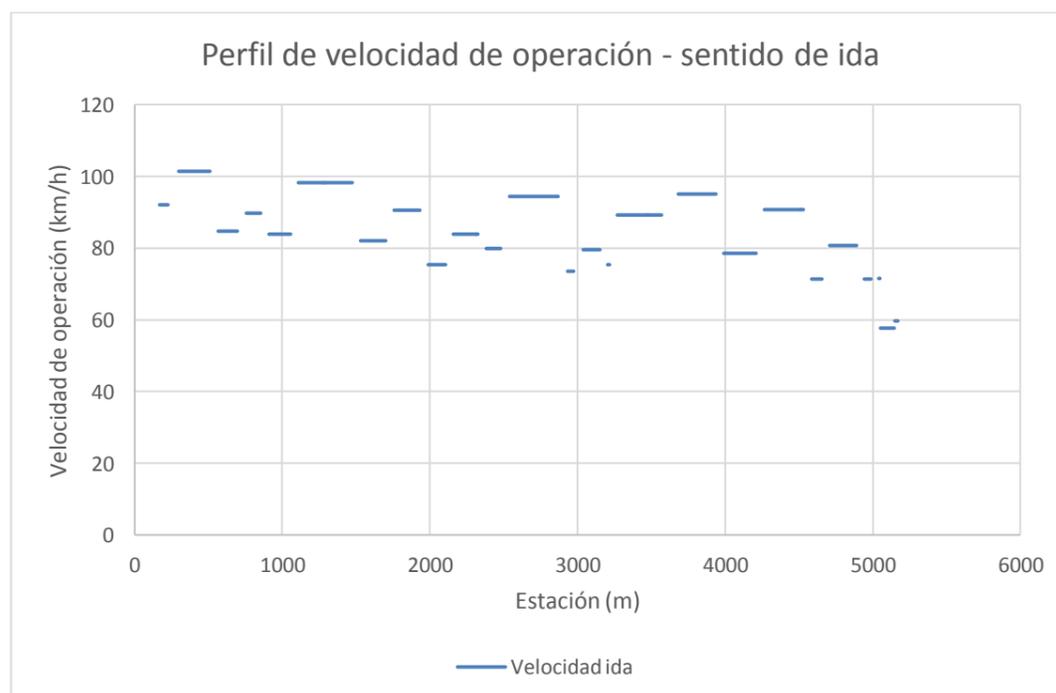


Fig. 2 Perfil de velocidad de operación en el sentido de ida. Velocidades en recta y en curva. Fuente: elaboración propia.

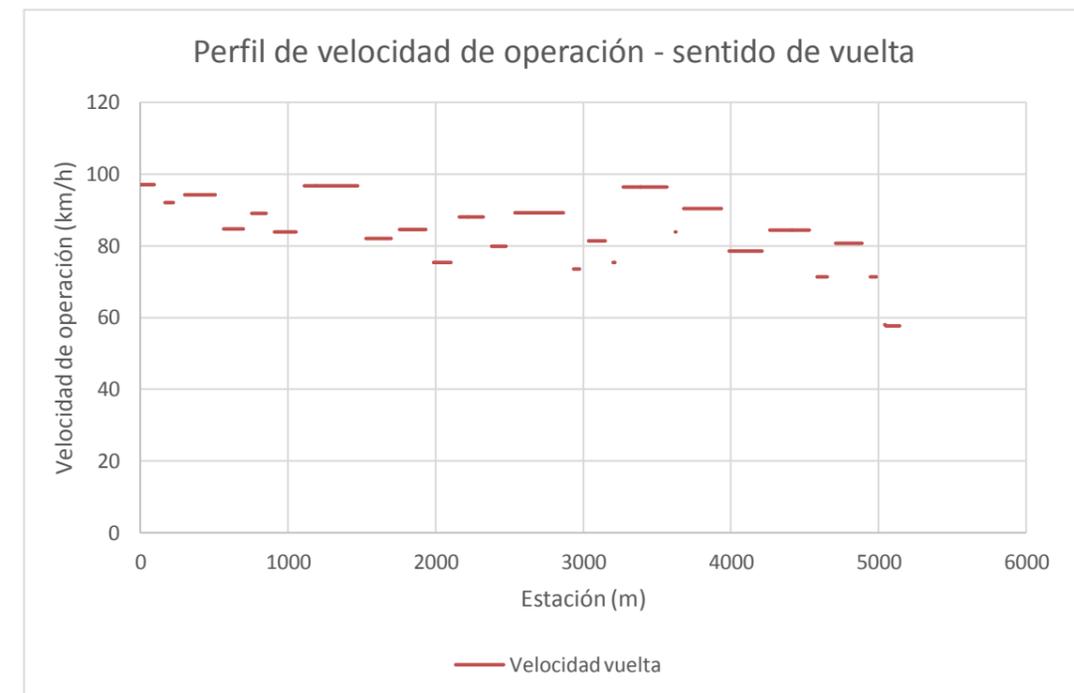


Fig. 3 Perfil de velocidad de operación en el sentido de ida. Velocidades en recta y en curva. Fuente: elaboración propia.

Para que sea posible obtener las velocidades en cada una de las curvas de transición se procurará que estas converjan entre los dos elementos consecutivos en los que se comprenden, tomando como origen aquel elemento en el que la velocidad de operación sea menor. Mediante la ecuación del Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado que relaciona la velocidad con el espacio recorrido y la aceleración, y aplicando la tasa de aceleración o deceleración correspondiente según el sentido de desplazamiento, la velocidad irá aumentando hasta alcanzar la del elemento contiguo. El resultado muestra la velocidad en cada metro de la curva de transición.

Pese a que lo ideal es que se alcance la velocidad del otro elemento por convergencia en la propia clotoide, muchas veces no es posible por limitación de espacio o bien por disponer de una diferencia de velocidad entre elementos considerable. En tal caso, es aceptable que esa velocidad converja directamente en el otro elemento, siempre y cuando garantice un valor de consistencia aceptable. Este concepto será tratado con mayor grado de detalle en el apartado 3 de este anejo.

A continuación se muestran los perfiles en ambos sentidos, pero dada la complejidad y dimensión de los perfiles de velocidad de operación resultantes, se emplaza al lector a consultar el *Apéndice II: perfiles de velocidad de operación*, en el que se visualizan con mayor grado de detalle su estructura para ambos sentidos por separado.

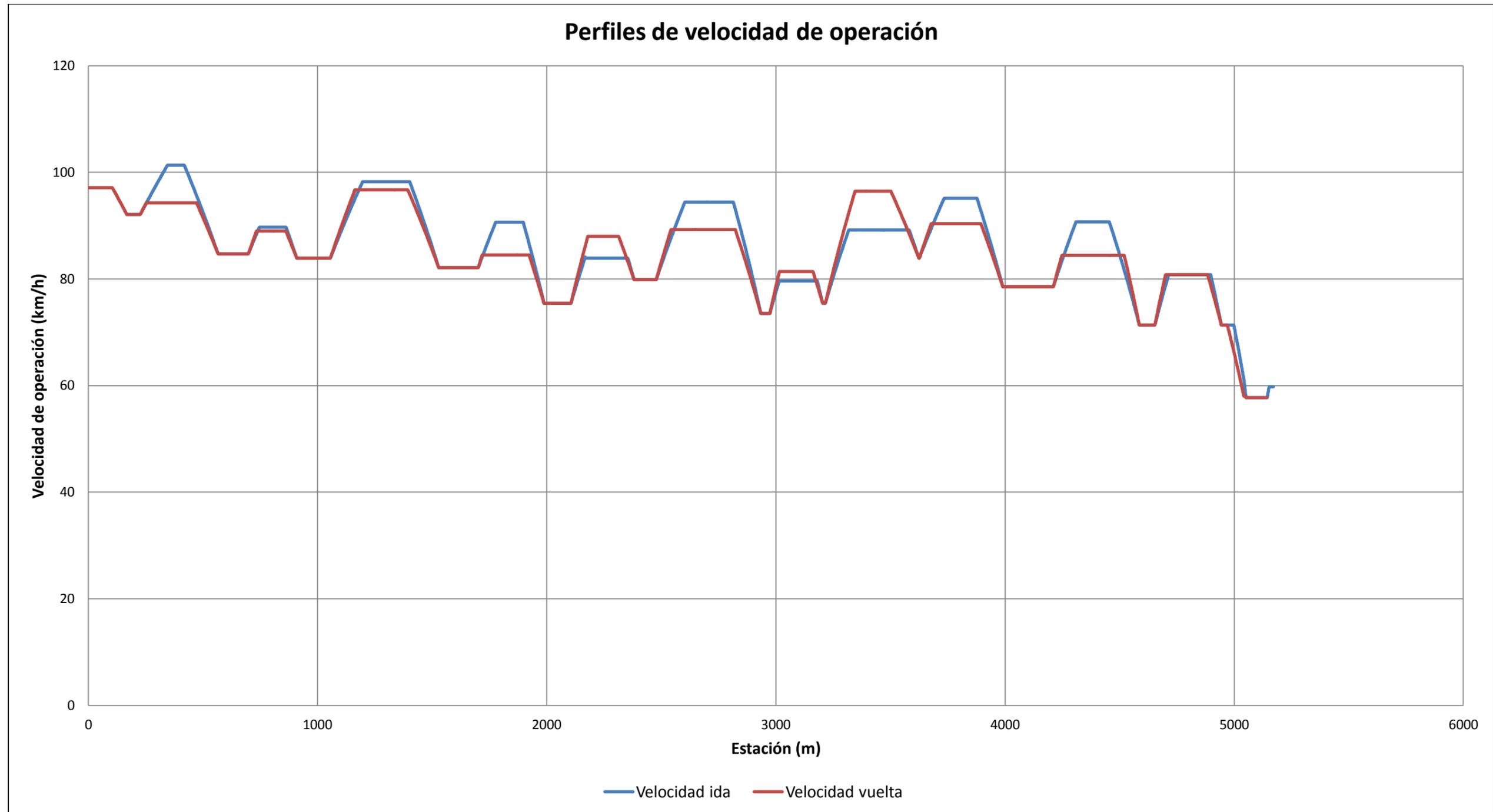


Ilustración 1 Gráfico correspondiente a los perfiles de velocidad de operación. Fuente: elaboración propia.



3. ESTUDIO DE LA CONSISTENCIA

Se entiende como consistencia aquella parte del estudio del diseño geométrico cuyo objetivo es “lograr la máxima conformidad entre las características geométricas de la carretera y las operacionales resultantes, y las expectativas del conductor conforme la recorre” (Camacho, F.J. 2011).

El paso siguiente en el análisis de la seguridad vial es, pues, la evaluación de la consistencia mediante métodos locales, que analizan la vía en tramos particulares y globales, que analizan la vía en su conjunto. Estos criterios permiten evaluarla de forma matemática con parámetros cuyo valor indicará si es buena, aceptable o por el contrario requerirá un rediseño.

A continuación se explican detalladamente ambos criterios, compatibles entre sí, y se analizarán los resultados obtenidos en comparación con los valores recomendables.

3.1 Consistencia local

La consistencia local centra su análisis sobre elementos particulares del trazado. Durante la fase de diseño son especialmente útiles debido a que facilitan la detección de los problemas específicos de falta de seguridad en puntos o tramos muy particulares, permitiendo actuar mediante medidas de señalización o rediseño del trazado.

Para el cálculo de la consistencia local se suele recurrir a los Criterios I y II de Ruediger Lamm, en los cuales se tienen en cuenta las diferencias y conformidades entre elementos consecutivos, que serán las rectas y curvas de la vía, para cumplir con las expectativas de los usuarios.

Estos dos criterios se basan en el estudio de la consistencia según el diseño y según la velocidad de operación, respectivamente. En el caso de la vía objeto de estudio, se ha aplicado el Criterio II de Lamm (Tabla 2) para evaluar la consistencia.

CRITERIO II DE LAMM: CONSISTENCIA SEGÚN V_{85}		
Buena	Aceptable	Pobre
$ v_{85,i} - v_{85,i+1} \leq 10$	$10 \leq v_{85,i} - v_{85,i+1} \leq 20$	$ v_{85,i} - v_{85,i+1} > 20$
Mantener el diseño	Señalización o rediseño	Rediseño del trazado

Tabla 2 Criterio II de Lamm para determinación de los umbrales de consistencia Fuente: elaboración propia a partir del criterio indicado.

Tomando como base el criterio anterior, se han obtenido los valores de la consistencia según la diferencia de velocidades de operación entre elementos consecutivos resultando los siguientes valores:

Consistencia local ida			Consistencia local vuelta		
Elemento	Velocidad	Diferencia	Elemento	Velocidad	Diferencia
Recta			Recta	97,12116133	5,04881133
Curva circular	92,07235		Curva circular	92,07235	2,198290746
Recta	101,323467	9,251117097	Recta	94,27064075	9,571597268
Curva circular	84,6990435	16,62442362	Curva circular	84,69904348	4,278013698
Recta	89,7527998	5,053756323	Recta	88,97705718	5,066602631
Curva circular	83,9104545	5,842345256	Curva circular	83,91045455	12,84061341
Recta	98,2269801	14,31652559	Recta	96,75106795	14,65436795
Curva circular	82,0967	16,13028013	Curva circular	82,0967	2,373587442
Recta	90,6302377	8,533537712	Recta	84,47028744	9,024020775
Curva circular	75,4462667	15,18397105	Curva circular	75,44626667	12,5867563
Recta	83,909012	8,462745288	Recta	88,03302296	8,153134075
Curva circular	79,8798889	4,029123066	Curva circular	79,87988889	9,377783949
Recta	94,4448877	14,56499878	Recta	89,25767284	15,71152998
Curva circular	74,5461429	19,89874481	Curva circular	73,54614286	7,855312363
Recta	79,5927228	5,04657997	Recta	81,40145522	4,955188553
Curva circular	75,4462667	4,14645616	Curva circular	76,44626667	19,99179538
Recta	89,2049023	13,75863562	Recta	96,43806205	12,5276075
Curva circular	83,9104545	5,294447738	Curva circular	83,91045455	6,475984197
Recta	95,1133968	11,20294226	Recta	90,38643874	11,81055639
Curva circular	78,5758824	16,53751445	Curva circular	78,57588235	5,886732877
Recta	90,7242564	12,14837403	Recta	84,46261523	13,10892292
Curva circular	71,3536923	19,37056408	Curva circular	71,35369231	9,434155174
Recta	80,7878475	9,434155174	Recta	80,78784748	9,434155174
Curva circular	71,3536923	9,434155174	Curva circular	71,35369231	13,35026581
Recta	71,6162874	0,262595068	Recta	58,00342649	0,291648715
Curva circular	57,7117778	13,9045096	Curva circular	57,71177778	
Recta	59,7683599	2,056582145	Recta		

Tabla 1 Cálculo de la consistencia local entre elementos consecutivos. Fuente: elaboración propia aplicando el Criterio II de Lamm.

3.2 Consistencia global

Se define como consistencia global al proceso que, evaluando el tramo en su conjunto, y siempre y cuando éste sea homogéneo, tiene por objeto el análisis del perfil de velocidad de operación en relación con las características geométricas del trazado y el grado de cumplimiento en las expectativas de los usuarios.



La principal diferencia con respecto a los métodos para el cálculo de la consistencia local radica en que el estudio se realiza para la carretera en su conjunto y no por tramos, proporcionando así una visión global de conjunto una vez se ha comprobado que no hay inconsistencias puntuales localizadas.

3.2.1 Tramificación mediante CCR

Para seleccionar un tramo que se comporte de forma homogénea, es conveniente evaluar la variación de ángulo girado a lo largo de la variante. Para ello, utilizaremos el Método Alemán, también llamado CCR (*Curvature Change Rate*), que tramifica la carretera en función de su sinuosidad a lo largo de su longitud, siendo su expresión:

$$CCR = \frac{\sum |\gamma_i|}{L}$$

Donde:

γ_i = Ángulo girado en cada curva (gonios)

L = Longitud del trazado (km)

De esta forma, aquellos tramos que presenten una progresión uniforme en cuanto al ángulo de giro se refiere podrán ser considerados como parte del tramo homogéneo. En el caso de estudio, como se puede comprobar en la figura inferior (Fig. 4), la variante se comporta de forma uniforme en toda su extensión, por lo que puede ser considerada como tramo homogéneo.

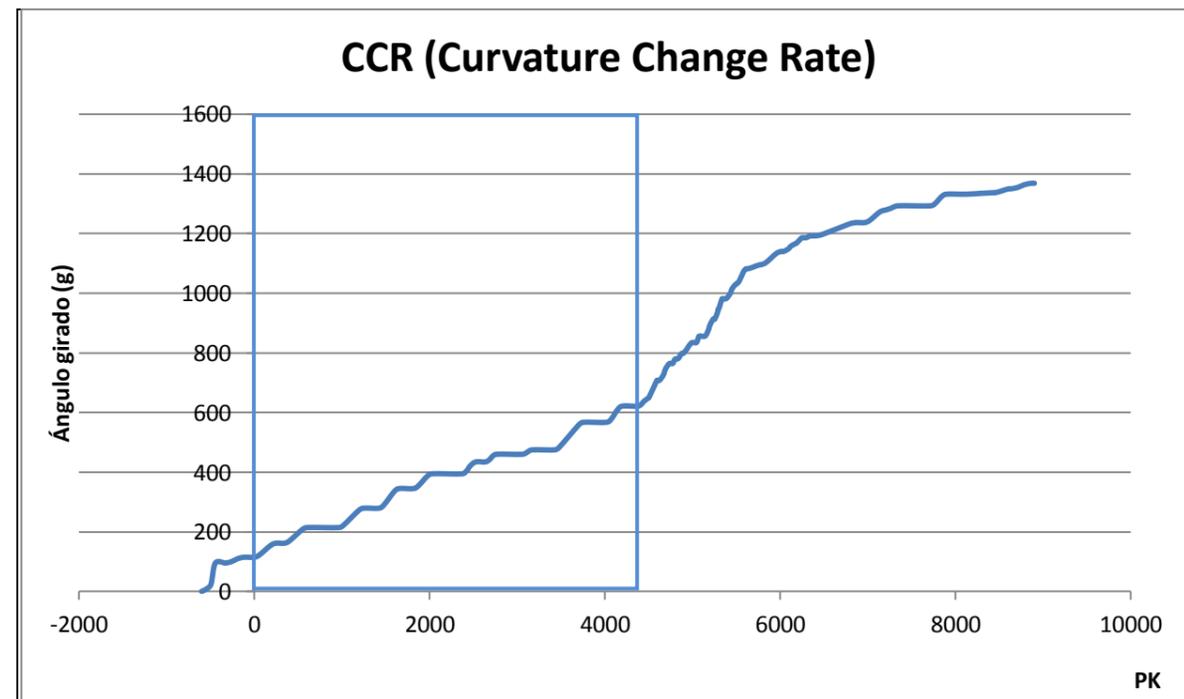


Fig. 4 Ángulo girado acumulado. Fuente: elaboración propia.

3.2.2 Cálculo de la consistencia global

Dentro de estos métodos para el cálculo de la consistencia global existen diversos criterios que se basan en el uso de funciones continuas, como los empleados por Polus y Mattar-Habib (2004) y Camacho et al. (2013), siendo éste último el empleado en el trazado objeto de estudio por ser compatible con el posterior estudio para estimar el número de accidentes, el cual queda expresado con mayor grado de detalle en el punto 5 de este anejo.

El método de Camacho et al. (2013) se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$C = \sqrt[3]{\frac{\bar{v}_{85}}{\bar{d}_{85}}}$$

Donde:

\bar{v}_{85} = Promedio del conjunto de velocidades en ambos sentidos.

\bar{d}_{85} = Promedio de la deceleraciones superiores a 2 km/h en ambos sentidos.

Cabe destacar que en la expresión se ha de introducir el promedio de velocidades de operación en km/h, mientras que el promedio de cada una de las deceleraciones se obtiene mediante la ecuación del MRUA que relaciona la diferencia de velocidades entre dos puntos con la distancia recorrida y la aceleración, positiva o negativa, de la siguiente manera:

$$d_{85} = \frac{|v_f^2 - v_0^2|}{2 * \Delta S}$$

Donde:

v_f = Velocidad al final del proceso de deceleración.

v_0 = Velocidad al inicio del proceso de deceleración.

ΔS = Espacio recorrido entre ambos puntos.

Una vez aplicado el método, y haciendo uso de una hoja de cálculo de *Microsoft Office Excel* como apoyo, se obtienen los siguientes resultados:

PROMEDIO \bar{v}_{85} (km/h)	85,50569963
--------------------------------	-------------

Tabla 3 El resultado representa el promedio de las velocidades de operación en ambos sentidos. Fuente: elaboración propia.



Sentido	Distancia (m)	v0 (m/s)	vf (m/s)	Deceleración	Diferencia v
Ida	148	28,1444444	23,5277778	0,805923736	4,61666667
Ida	47	24,9305556	23,3083333		1,62222222
Ida	127	27,2861111	22,8055556	0,883616124	4,48055556
Ida	91	25,175	20,9583333	1,068840049	4,21666667
Ida	27	23,3083333	22,1888889		1,11944444
Ida	120	26,2333333	20,4305556	1,128250739	5,80277778
Ida	24	22,1083333	20,9583333		1,15
Ida	43	24,7777778	23,3083333		1,46944444
Ida	113	26,4194444	21,8277778	0,98024408	4,59166667
Ida	132	25,2	19,8194444	0,917536447	5,38055556
Ida	47	22,4416667	19,82	1,178915156	2,62222222
Ida	54	19,82	16,0305556	1,257700617	3,78888889
Vuelta	47	22,4416667	19,8194444	1,178915156	2,62222222
Vuelta	38	23,4611111	21,8277778		1,63333333
Vuelta	53	25,1083333	23,3083333	0,822169811	1,8
Vuelta	130	26,7888889	20,9583333	1,070741661	5,83055556
Vuelta	42	22,6111111	20,4305556	1,117318397	2,18055556
Vuelta	65	24,7944444	22,1888889	0,941674501	2,60555556
Vuelta	74	24,4527778	20,9583333	1,07220679	3,49444444
Vuelta	18	23,4638889	22,8055556		0,65833333
Vuelta	108	26,875	23,3083333	0,828644547	3,56666667
Vuelta	36	24,7166667	23,5277778		1,18888889
Vuelta	27	26,1861111	25,575		0,61111111
PROMEDIO DECELERACIONES (m/s²)				1,016846521	

Tabla 4 Cálculo de las deceleraciones en ambos sentidos. Fuente: elaboración propia.

Con los resultados a la vista (Tabla 3 y Tabla 4), y aplicando la fórmula para el cálculo de la consistencia global, obtenemos el siguiente parámetro C:

PARÁMETRO DE CONSISTENCIA (C)
4,381066909

Tabla 5 Parámetro C de consistencia global. Fuente: elaboración propia.

Una vez obtenido el valor numérico del parámetro (Tabla 5), se procede a interpretar el resultado mediante el criterio de Camacho et al. (2013). Según la clasificación que establece la tabla que se muestra a continuación (Tabla 6), se puede clasificar la consistencia del trazado como aceptable.

CRITERIO DE CONSISTENCIA GLOBAL		
Buena	Aceptable	Pobre
$C > 5$	$3,9 < C \leq 5$	$3,9 \leq C$

Tabla 6 Criterio de consistencia global según el Método de Camacho et al (2013). Fuente: elaboración propia a partir del criterio indicado.

4. ANÁLISIS DE VISIBILIDAD

4.1 Introducción al análisis de visibilidad

En este punto se focaliza el estudio de la seguridad vial sobre uno de los puntos más importantes para el usuario como es la visibilidad. Según la Norma 3.1-IC de trazado, existen tres tipos diferentes de visibilidad, siendo estas las de parada, adelantamiento y cruce. Para que las distintas maniobras que realizan los vehículos puedan ser llevadas a cabo en condiciones de seguridad y confort, es necesario establecer ciertas limitaciones que no deben de ser superadas. El cálculo y el análisis realizado en conjunto con la parte del estudio dedicada al diseño geométrico se centra en la visibilidad de parada.

Para efectuar dicho análisis se ha utilizado el programa informático *AutoCAD Civil3D*, además de utilizar una hoja de cálculo de *Microsoft Office Excel* como apoyo para la interpretación de los resultados. Aplicando las condiciones que exige la normativa, y en comparación con los datos de visibilidad de parada proporcionados por el programa informático, se pueden encontrar aquellos tramos de carretera en los que se incumple alguna de las limitaciones.

4.2 Cálculo de la visibilidad de parada

Se define en la Normativa 3.1-IC a la visibilidad de parada como “la distancia a lo largo de un carril existente entre un vehículo y un hipotético obstáculo situado sobre la calzada en trayectoria de colisión, en ausencia de vehículos intermedios y de forma que dicho obstáculo no desaparezca de la visual del vehículo”.

Dicho concepto se relaciona directamente con la distancia de parada, que como define la Norma es “la distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como le sea posible, medida desde su situación en el momento de aparecer el objeto que motiva la detención”. Esta distancia se ve influenciada por el tiempo que emplea el conductor en percibir el peligro y reaccionar a éste frenando el vehículo.



Para realizar el cálculo de la distancia de parada mínima se dispone de la siguiente fórmula:

$$D_p = \frac{v * t_p}{3,6} + \frac{v^2}{254 * (f_i + i)}$$

Donde:

D_p = Distancia de parada (m)

v = Velocidad de parada (km/h)

f_t = Coeficiente de rozamiento longitudinal rueda – pavimento

i = inclinación en tanto por uno de la rasante

t_p = Tiempo de percepción y reacción (\cong 2 segundos)

Como excepción particular a la Normativa 3.1-IC de Trazado en la que se plantea la determinación de la visibilidad de parada utilizando la velocidad de proyecto, se ha convenido utilizar para su obtención la velocidad de operación, de modo que la visibilidad adquiere un mayor grado de cumplimiento en lo que a seguridad se refiere. Dado que la normativa no contempla este procedimiento, como se verá más adelante en las figuras que muestran los gráficos correspondientes a la visibilidad de parada, también se ha utilizado la velocidad de proyecto de forma análoga a la de operación para obtener una representación que ponga en valor su comparativa y, al mismo tiempo, realizarlo con el método propuesto en la Norma 3.1-IC.

Respecto al coeficiente de rozamiento f_i la Normativa 3.1-IC proporciona una tabla (Tabla 7) para su obtención, interpolando para valores intermedios.

v (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
f_i	0,432	0,411	0,390	0,369	0,348	0,334	0,320	0,306	0,291	0,277	0,263	0,249

Tabla 7 Coeficiente de rozamiento longitudinal rueda-pavimento. Fuente: elaboración propia a partir de la Normativa 3.1-IC

Por último, se incluye también en el estudio de visibilidad y posterior comparación con la distancia de parada una determinación de la inclinación de la rasante, que se tomará como un valor de pendiente a efectos prácticos. En el tramo este parámetro i toma los siguientes valores:

PK inicio	Pk final	i
0	268	0,77%
268	642,73	5,38%
642,73	1190,59	6,82%
1190,59	1376,1	5,44%
1376,1	1734,52	6,88%
1734,52	2435,75	4,75%
2435,75	2758,29	-0,27%
2758,29	2875,02	5,63%
2875,02	3079,95	4,88%
3079,95	3216,14	-1,02%
3216,14	3405,7	4,81%
3405,7	3559,84	4,72%
3559,84	4299,74	-5,30%
4299,74	4757,01	-6,88%
4757,01	4922,67	-1,20%
4922,67	5180,39	6,00%

Tabla 8 Variación de la inclinación en tanto por uno de la rasante. Fuente: elaboración propia.

4.3 Comparativa entre la visibilidad y la distancia de parada

Se presentan a continuación los resultados de forma gráfica resultantes al poner en comparación la visibilidad con respecto a la distancia de parada. Cabe destacar que este proceso es iterativo, lo que implica que si se no se cumple sería conveniente realizar, entre otras opciones, un rediseño del trazado, un despeje que permita abarcar más campo de visión del conductor retrasando los taludes, o bien no tomar medida alguna siempre y cuando se complemente el tramo con una buena señalización. En caso de que se tome la opción de realizar despejes, que sería lo óptimo en la mayoría de los casos, se ha de tener la precaución de establecer una transición suave entre el talud natural y el modificado por dicho despeje.

Pese al proceso, debido a la complejidad de cumplir con la normativa en todos los ámbitos, es complejo garantizar la visibilidad mínima sin tomar medidas correctoras. Para una mejor apreciación del proceso seguido en cuanto a garantizar el cumplimiento de la normativa, se adjuntarán los primeros resultados de visibilidad, que llevaron a un replanteo de la solución.

Dichos resultados se encuentran en el *Apéndice III: Visibilidad de parada previa al rediseño*.

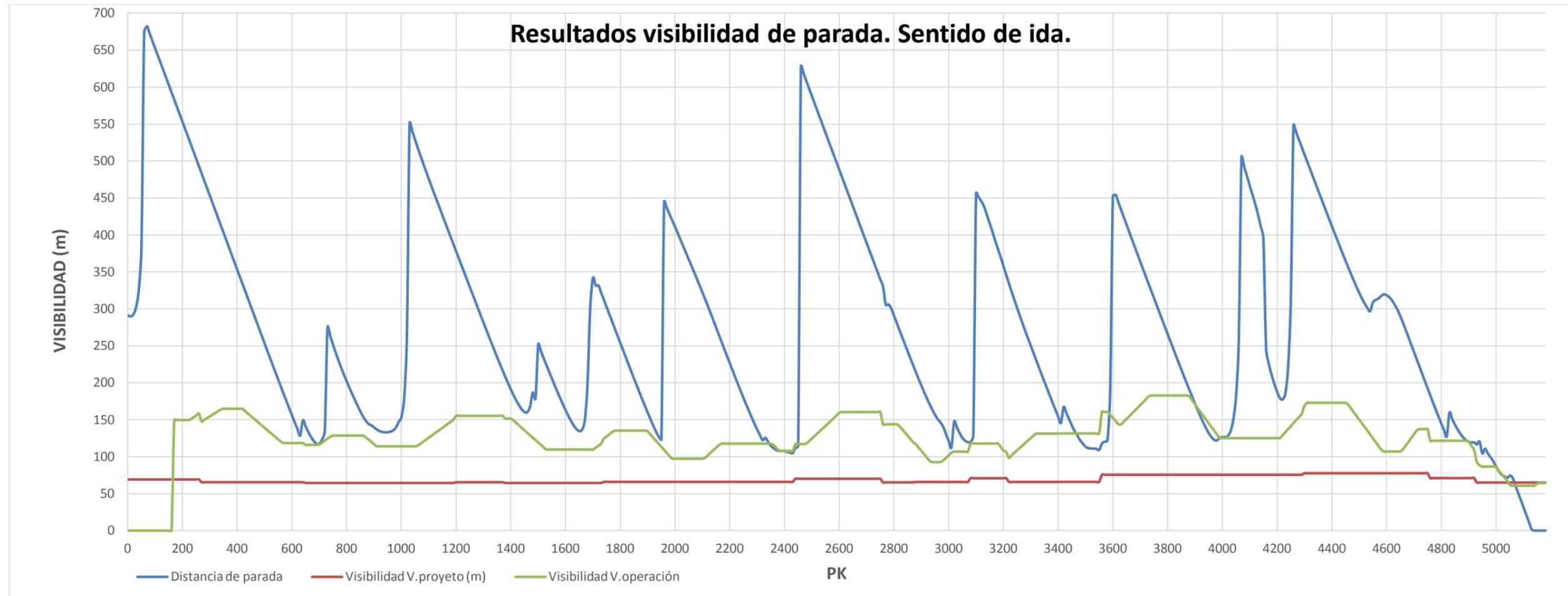


Fig. 5 Resultados visibilidad de parada. Sentido de ida. Fuente: elaboración propia.

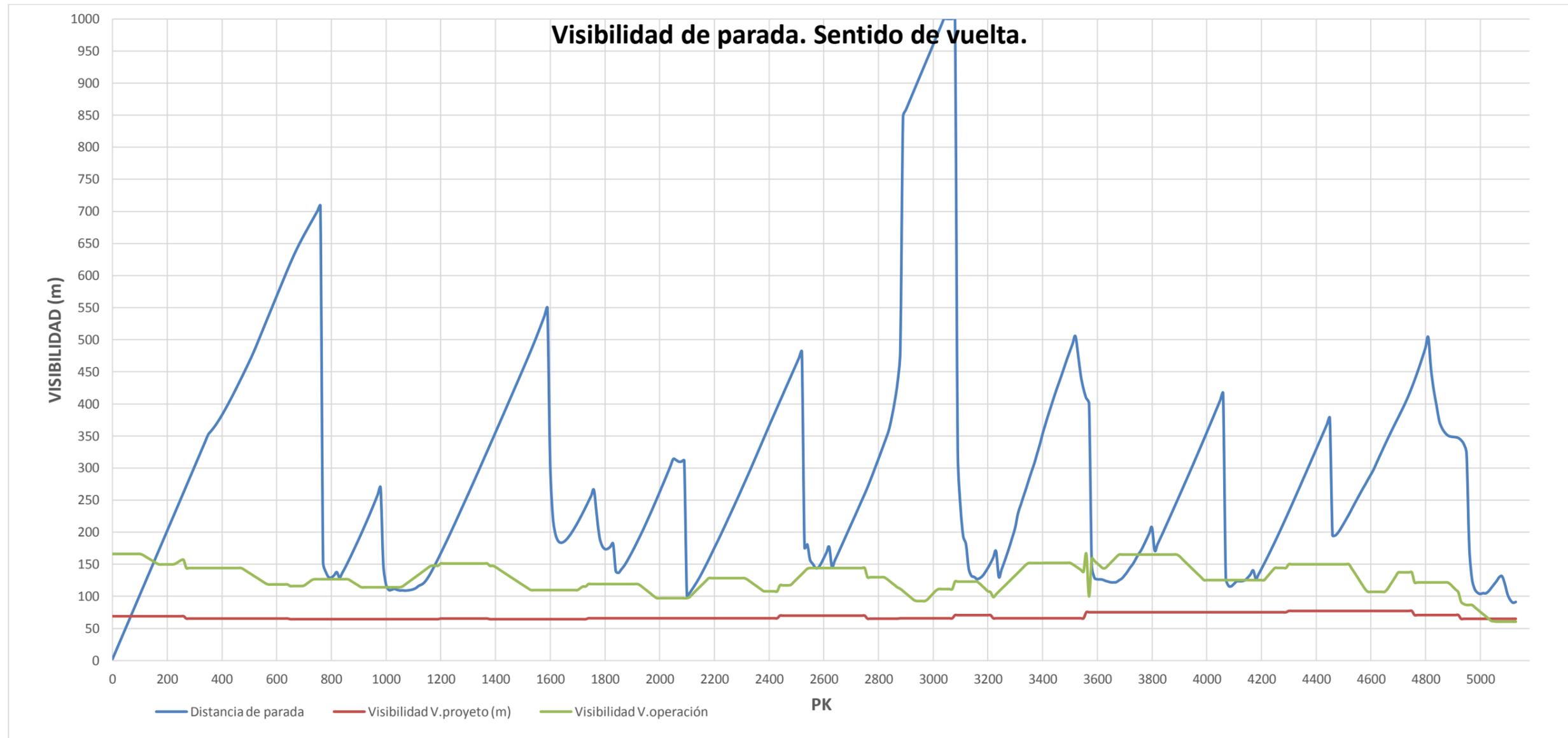


Fig. 6 Visibilidad de parada. Sentido de vuelta. Fuente: elaboración propia.

5. ESTIMACIÓN DE ACCIDENTES

Uno de los aspectos clave de la seguridad vial, y posiblemente el más importante, sea la reducción del número de accidentes. Si bien se persigue como objetivo principal su eliminación, ciertos factores como el humano, el estado del vehículo y de la vía en combinación con multitud de factores externos de difícil predicción hacen una tarea utópica su eliminación. El objetivo será, pues, su reducción en número y en gravedad, dotando a las infraestructuras y vehículos del equipamiento necesario para que un accidente que revista gravedad sea lo menos dañino posible para el usuario y el entorno.



Fig. 7 Factores concurrentes en la siniestralidad. Fuente: Apuntes de Seguridad Vial. Curso 2014-2015. Universidad Politécnica de Valencia.

5.1 Factores principales que influyen en la siniestralidad

Como se ha explicado anteriormente, un accidente ocurre como resultado de la coincidencia de una serie de circunstancias relacionadas unas con otras, ya sean usuarios, vehículos o el propio entorno. En total podemos diferenciar cinco factores principales que influyen en la ocurrencia y gravedad de un accidente de tráfico. Estos factores son:

Factor humano: comprende todos aquellos errores, evitables en mayor o menor medida, inherentes al ser humano y su capacidad de percepción y reacción ante estímulos externos. Dicha percepción puede verse afectada por su interacción del ser humano con elementos externos que afecten a su capacidad, tales como el alcohol o las drogas.

La seguridad vial busca reducir la probabilidad de ocurrencia de estos errores mediante la investigación de los procesos de reacción del ser humano y campañas de concienciación.

Factor vehículo: el factor vehículo es determinante en aquellos países con un desarrollo deficiente, donde un pésimo estado del vehículo o la utilización de medios de transporte que no cumplen los estándares mínimos de seguridad son susceptibles de causar un accidente por sí mismos.

El objetivo es, pues, la implantación global de sistemas de seguridad activos y pasivos en los medios de transporte que, junto a revisiones periódicas, garanticen una conducción segura en lo que al vehículo se refiere.

Factor infraestructura: pese a no ser el más relevante, es el que más interactúa con el factor humano. Al mismo tiempo, es aquel en el cual el ingeniero interviene de forma más activa, ya que en la totalidad de las fases determinantes de un proyecto (diseño, construcción, explotación y mantenimiento) una actuación correcta influye en la calidad de la infraestructura, y por ende, en su seguridad.

En un proyecto como el tratado en este trabajo, será clave controlar aspectos que influyen en la siniestralidad, ya que al tratarse de una carretera convencional es susceptible de tener más accidentes que en una autopista o autovía. Estos aspectos serán, por ejemplo, el estado del pavimento, la densidad de accesos o el estado de los márgenes de la carretera.

Factor tráfico: en este factor influyen de manera conjunta la velocidad del vehículo o del conjunto de ellos en cierto tramo y la intensidad que presenta la carretera.

El objetivo es tratar de prevenir y evitar que los vehículos circulen a velocidades inadecuadas (tanto por encima de las permitidas como por debajo de aquellas consideradas como adecuadas para cada tipo de vía) en ciertas condiciones de intensidad de tráfico.

Factor entorno: incluye todo aquello que rodea al vehículo y al conductor, siendo la meteorología adversa (lluvias, nevadas...) el factor más determinante.

Ante una situación meteorológica adversa, es clave la señalización luminosa y las campañas de información y concienciación humana.

5.2 Cálculo del número de accidentes

Para introducirse de lleno en el cálculo del número de accidentes que se espera tener en la variante, es necesario analizar aquellos que han ocurrido en el pasado para tomarlos como referencia inicial. En este punto se pretende comparar la situación anterior con la actual mediante una fórmula SPF de la que se hablará más adelante, desarrollada por Camacho et al. (2013) que toma los accidentes en la red viaria base como muestra representativa para el análisis.



Para el caso de estudio, se han considerado dentro de la muestra disponible de accidentes en la CV-35 comprendida entre los años 1998 y 2011 aquellos que ocurran entre el tramo objeto de estudio, filtrando aquellos en los que no hubo heridos de ningún tipo.

Además, solo se han incluido aquellos que abarcan un periodo de diez años, en consonancia con las fórmulas que se usarán posteriormente, descartando todos aquellos que se produjeron más allá del periodo comprendido entre 2002 y 2011, ambos inclusive.

Los accidentes resultantes ordenados por orden de aparición en relación al punto kilométrico donde se produjeron son los siguientes:

PK	Año	Muertos	Heridos graves	Heridos leves	Tipo de accidente
65,500	2002	0	0	1	Salida vía
65,700	2004	0	2	0	Salida vía - Desmonte
65,800	2011	0	0	1	Salida vía - Cuneta o bordillo
66,800	2009	0	0	1	Salida vía - Terraplén
67,800	2003	0	0	1	Colisión fronto-lateral
67,900	2007	0	0	1	Colisión fronto-lateral
68,000	2004	0	1	1	Colisión fronto-lateral
68,400	2007	0	0	1	Colisión fronto-lateral
68,800	2003	0	1	0	Salida vía - Desmonte
68,900	2005	3	2	0	Salida vía - Desmonte
69,500	2003	0	1	0	Alcance posterior
69,900	2002	0	1	0	Salida vía - Barrera seguridad
70,000	2007	0	0	1	Colisión fronto-lateral

Tabla 9 Datos históricos de accidentes entre 2002 y 2011 en el tramo de estudio de la CV-35. Fuente: *Conselleria de vivienda, obras públicas y vertebración del territorio*.

Como se ha indicado al principio del apartado, el método escogido para estimar el número de accidentes en la nueva variante han sido las SPF (Safety Performance Function). Este tipo de funciones son capaces de estimar los accidentes mediante una distribución de los datos estadística del tipo Poisson o Binomial Negativa.

Pese a que todas ellas tienen en común una misma fórmula o expresión para el cálculo sobre un tramo de carretera, parámetros como la longitud del mismo, la consistencia o la intensidad media diaria que circula sobre él serán determinantes.

Además, según el autor, también diferirán ciertos parámetros de ajuste que varían en función de la velocidad o la visibilidad de la vía, entre otros factores.

La fórmula a utilizar es únicamente de aplicación en tramos del trazado considerados como homogéneos. La determinación de los mismos fue justificada en el *Apartado 3.2.1: Tramificación mediante CCR* de este mismo anejo, y como se expone en él, se puede considerar a la variante como tramo homogéneo en toda su extensión, al presentar una variación uniforme de ángulo girado acumulado por unidad de longitud.

La *Safety Performance Function* utilizada es la siguiente:

$$y_{10} = e^{-4,26225} * L^{1,13196} * IMD^{0,85298} * e^{-0,42896 * C}$$

Donde:

y_{10} = Estimación de accidentes con víctimas en los próximos diez años

L = Longitud del tramo homogéneo (km)

IMD = Promedio de intensidades medias diarias en el tramo entre 2002 y 2011 (veh/h)

C = Parámetro de consistencia global (véase en *Apartado 3.2.2*)

Una vez definidos todos los parámetros, se dispone de los datos de entrada para la fórmula, siendo estos:

IMD ANUAL		%pesados
2002	2450	no hay datos
2003	1639	no hay datos
2004	1933	6
2005	1883	7
2006	2030	7
2007	1909	8
2008	2455	5
2009	2548	5
2010	2366	4
2011	2350	3,7
IMD promedio		2156,3
Longitud del tramo homogéneo (km)		4,435
Parámetro de consistencia C		4,381067

Tabla 10 Datos de entrada para la SPF de estimación de accidentes. Fuente: elaboración propia.



Es sencillo resolver la expresión, de forma que resulta que $y_{10} \cong 8,102$ accidentes en los próximos diez años.

Mientras que el total de accidentes con víctimas entre 2002 y 2011 asciende a 13 en la totalidad de la travesía, en una situación potencial con la nueva variante se reducirían hasta un entorno de 8. Es necesario remarcar que estos accidentes se producirían únicamente en la nueva variante, a los que se le deben sumar los producidos en la travesía con el tráfico restante que no es usuaria potencial de la variante. Dado que no se dispone de una SPF adecuada para este tipo de tramo urbano, no se ha podido proceder a su cálculo, pero podría realizarse una estimación extrapolando los datos del tráfico esperado a los ya existentes y establecer una relación entre los accidentes producidos (13) con el tráfico actual y los que se estiman con el tráfico potencial, que será menor que el actual dado que gran parte será absorbido por la variante.

Extendiendo el cálculo para el año de la puesta en servicio (2021) y año horizonte (2041), el resultado es similar, ya que lo único que varía es la IMD promedio.

	Actualidad (2016)	Puesta en servicio (2021)	Año horizonte (2041)
IMD promedio	2156	2315	3082
y_{10}	8,102	8,61	10,9

Tabla 11 Evolución de la estimación de accidentes. Fuente: elaboración propia.



APENDICE I- DATOS DE ENTRADA DEL PERFIL DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN



Se recurre a este Apéndice I: datos de entrada del perfil de velocidad de operación con el objetivo de obtener una visión general de los datos de entrada del problema y de conocer sus valores en particular con el objetivo de proporcionar al lector una mejor comprensión de los resultados que se obtienen en el siguiente apéndice. La tabla de apoyo queda de la siguiente forma:

Elemento	PK inicial	PK final	Radio (curvas)	Velocidad curva	Velocidad recta ida	Velocidad recta vuelta	Tasa aceleración	Tasa deceleración
	m	m	m	km/h	km/h	km/h	m/s2	m/s2
Recta	0	95,82				97,1211613		
Clotoide	95,82	168,07						
Curva circular	168,07	226,91	400	92,07235			0,5818997	0,59909
Clotoide	226,91	299,16						
Recta	299,16	509,4			101,323467	94,2706407		
Clotoide	509,4	566,9						
Curva circular	566,9	698,42	230	84,699043			0,70373774	0,810547826
Clotoide	698,42	755,92						
Recta	755,92	854,48			89,7527998	88,9770572		
Clotoide	854,48	909,48						
Curva circular	909,48	1056,18	220	83,910455			0,71676855	0,833163636
Clotoide	1056,18	1111,18						
Recta	1111,18	1474,4			98,2269801	96,751068		
Clotoide	1474,4	1529,52						
Curva circular	1529,52	1701,04	200	82,0967			0,7467394	0,88518
Clotoide	1701,04	1756,17						
Recta	1756,17	1934,18			90,6302377	84,4702874		
Clotoide	1934,18	1988,18						
Curva circular	1988,18	2106,3	150	75,446267			0,85663253	1,075906667
Clotoide	2106,3	2160,3						
Recta	2160,3	2325,52			83,909012	88,033023		
Clotoide	2325,52	2381,07						
Curva circular	2381,07	2481,52	180	79,879889			0,78337044	0,948755556
Clotoide	2481,52	2537,08						
Recta	2537,08	2882,96			94,4448877	89,2576728		

Tabla 12 Tabla de apoyo que incluye parte del estado de alineaciones del trazado y los datos de entrada (parte 1/2). Fuente: elaboración propia.

Elemento	PK inicial	PK final	Radio (curvas)	Velocidad curva	Velocidad recta ida	Velocidad recta vuelta	Tasa aceleración	Tasa deceleración
	m	m	m	km/h	km/h	km/h	m/s2	m/s2
Clotoide	2882,96	2934,57						
Curva circular	2934,57	2974,33	140	73,546143			0,88803057	1,1304
Clotoide	2974,33	3038,79						
Recta	3038,79	3150,04			79,5927228	81,4014552		
Clotoide	3150,04	3204,04						
Curva circular	3204,04	3216,62	150	75,446267			0,85663253	1,075906667
Clotoide	3216,62	3270,62						
Recta	3270,62	3569,27			89,2049023	96,438062		
Clotoide	3569,27	3624,27						
Curva circular	3624,27	3626,41	220	83,910455			0,71676855	0,833163636
Clotoide	3626,41	3681,41						
Recta	3681,41	3937,52			95,1133968	90,3864387		
Clotoide	3937,52	3990,61						
Curva circular	3990,61	4212	170	78,575882			0,80491812	0,986152941
Clotoide	4212	4265,09						
Recta	4265,09	4530,64			90,7242564	84,4626152		
Clotoide	4530,64	4586,22						
Curva circular	4586,22	4654,05	130	71,353692			0,92425908	1,193276923
Clotoide	4654,05	4709,63						
Recta	4709,63	4889,01			80,7878475	80,7878475		
Clotoide	4889,01	4944,59						
Curva circular	4944,59	4987,14	130	71,353692			0,92425908	1,193276923
Clotoide	4987,14	5042,72						
Recta	5042,72	5047,09			71,6162874	58,0034265		
Clotoide	5047,09	5051,53						
Curva circular	5051,53	5144,6	90	57,711778			1,14968089	1,584511111
Clotoide	5144,6	5149,04						
Recta	5149,04	5180,39			59,7683599			

Tabla 13 Tabla de apoyo que incluye parte del estado de alineaciones del trazado y los datos de entrada (parte 2/2). Fuente: elaboración propia.



APENDICE II- PERFILES DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN



Perfil de velocidad de operación (sentido de ida)

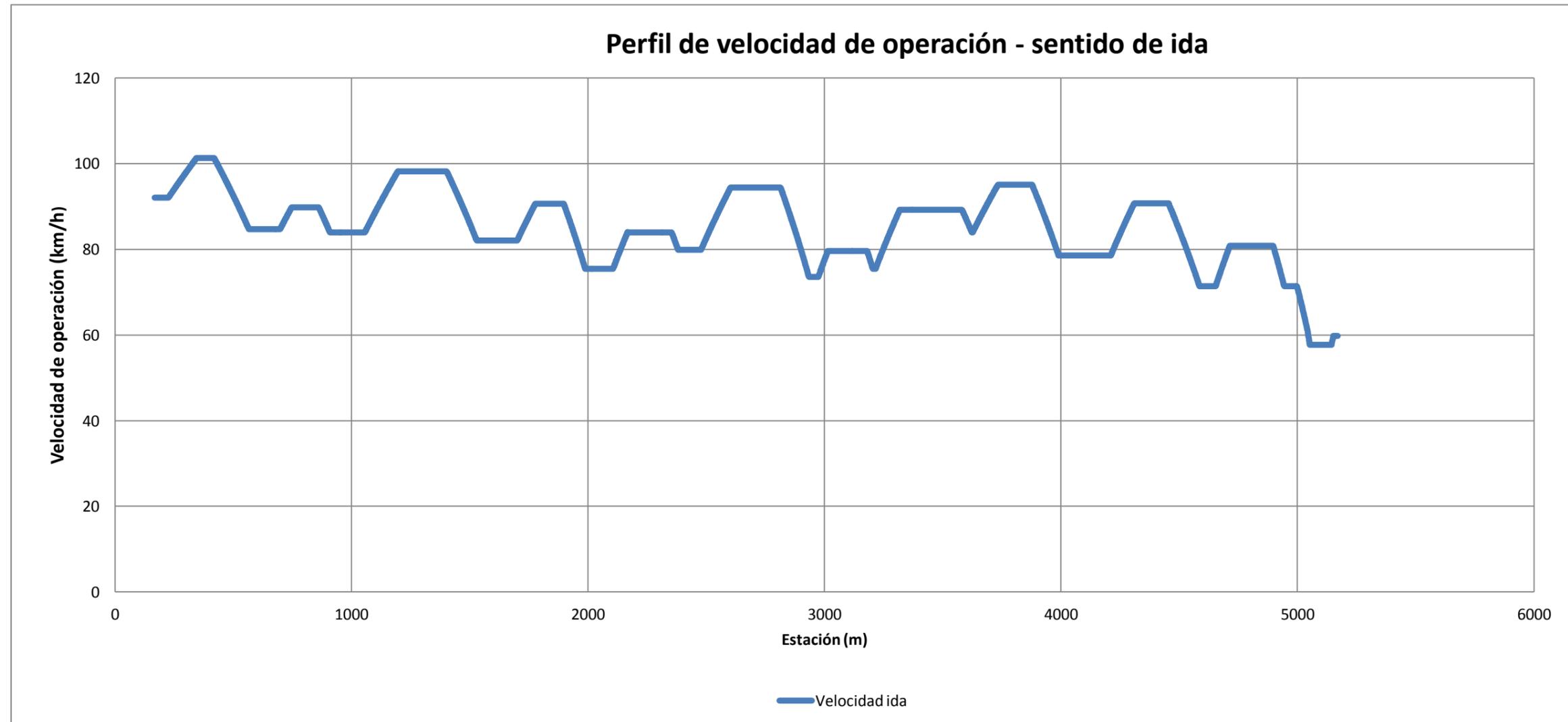


Fig. 8 Perfil de velocidad de operación. Sentido de ida. Fuente: elaboración propia.



Perfil de velocidad de operación (sentido de vuelta)

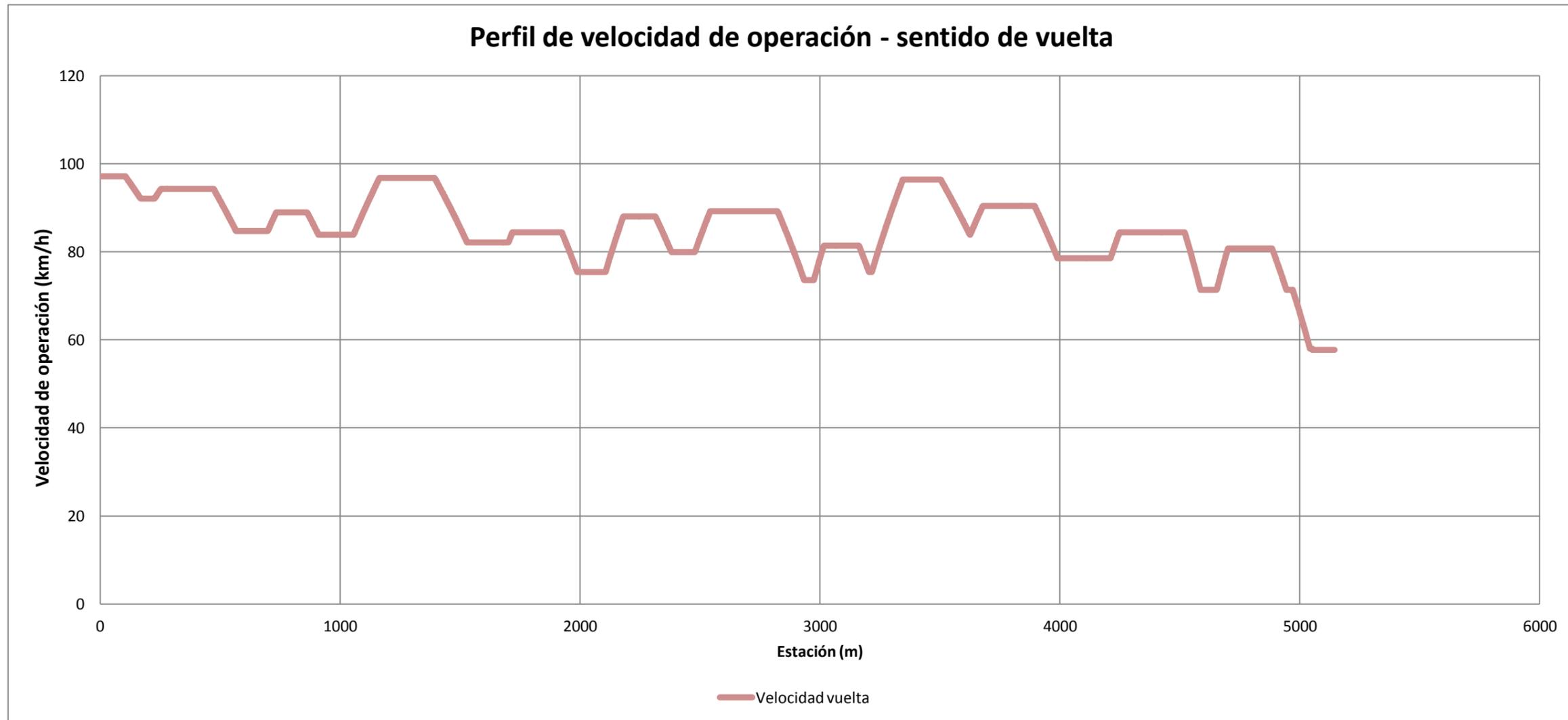
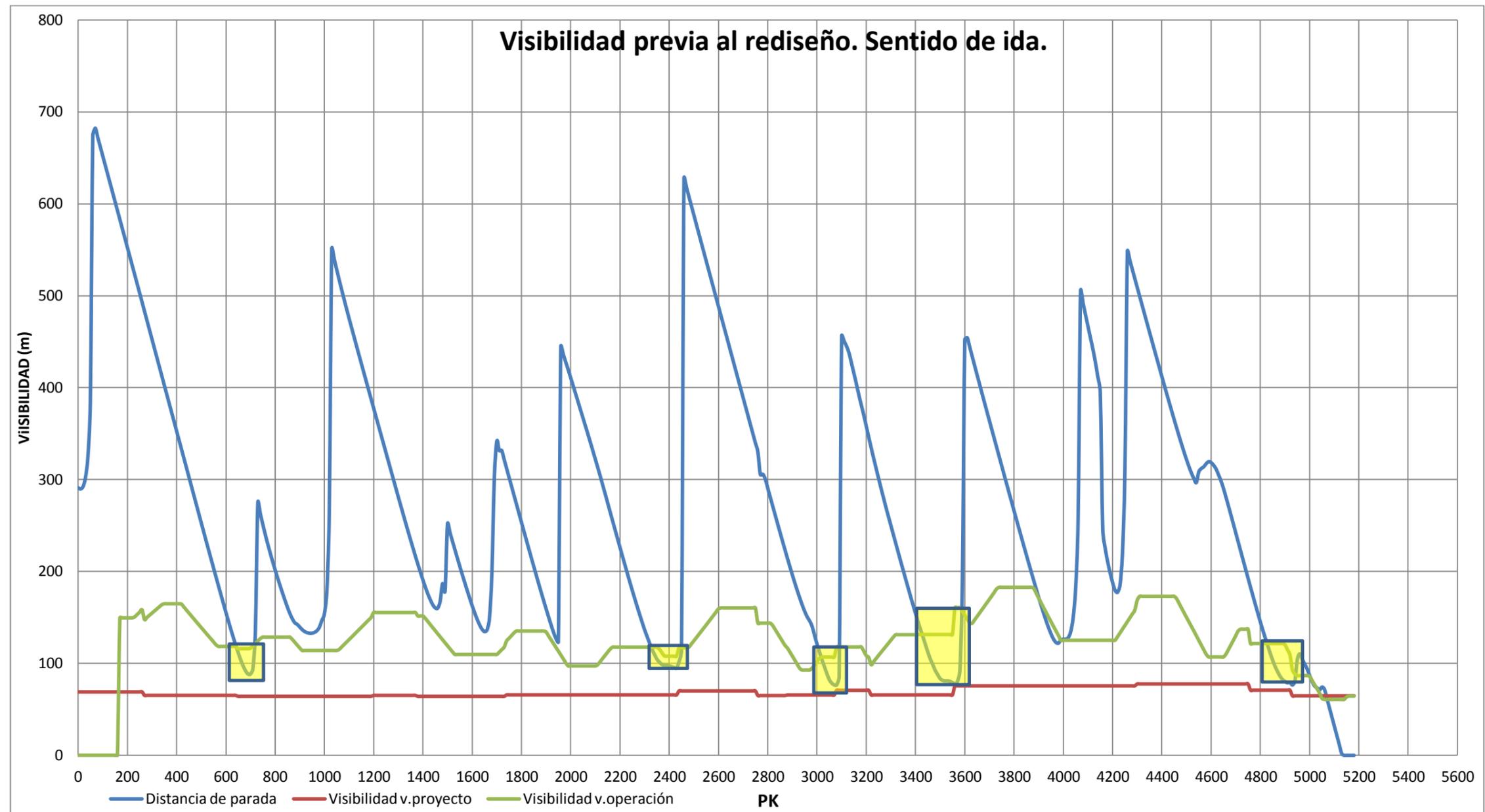
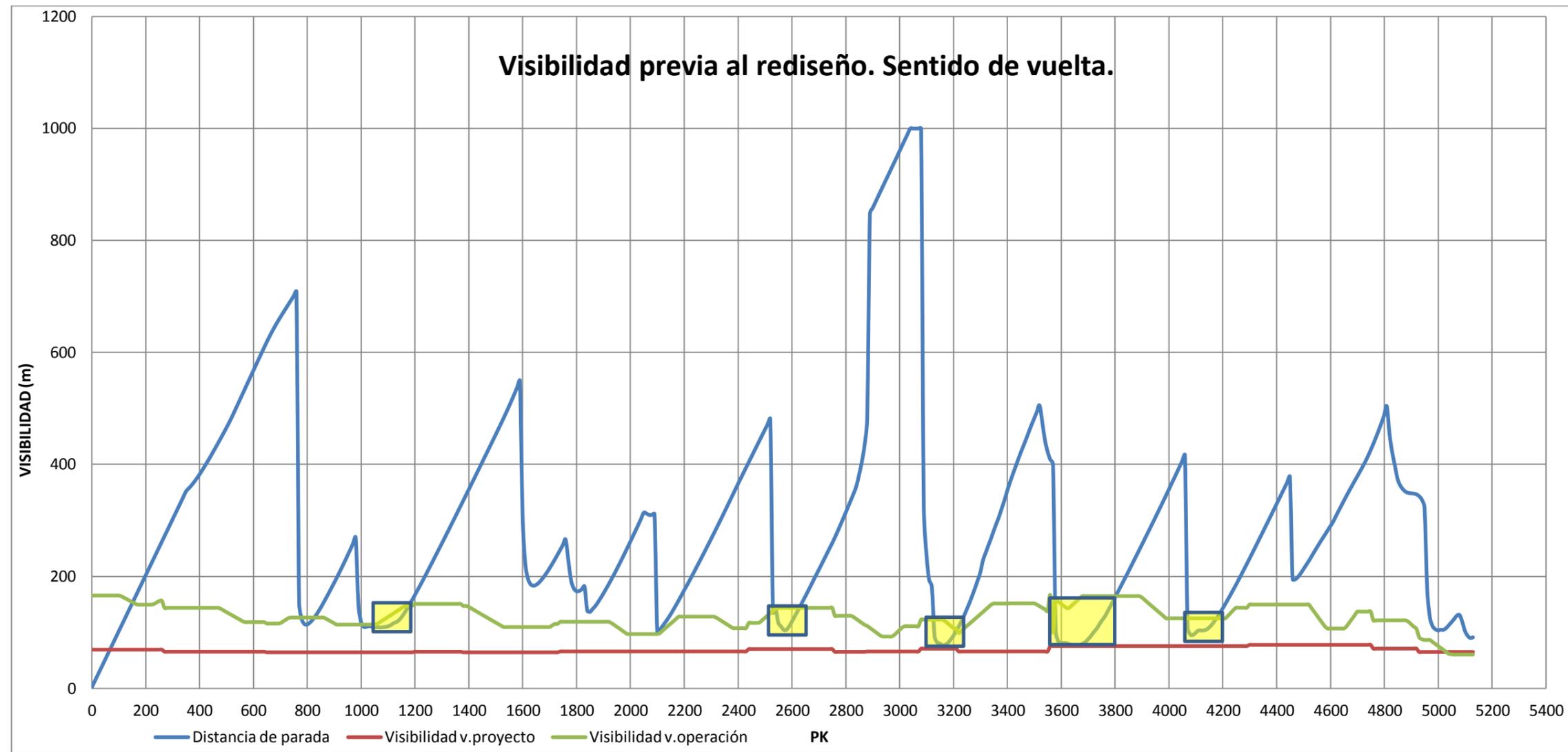


Fig. 9 Perfil de velocidad de operación. Sentido de ida. Fuente: elaboración propia.



APENDICE III- VISIBILIDAD DE PARADA PREVIA AL REDISEÑO







UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

DOCUMENTO N°4

VALORACIÓN ECONÓMICA

**ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA).
ALTERNATIVA CENTRO**



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

VALORACIÓN ECONÓMICA

MEDICIONES Y PRESUPUESTOS PARCIALES

ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA).
ALTERNATIVA CENTRO



ALTERNATIVA CENTRO

VALORACIÓN DE LAS OBRAS: CUADRO DE PRECIOS Y MEDICIONES

En el presente apartado se lleva a cabo una valoración del coste económico asociado al conjunto de las unidades de obra previstas a ejecutar en el estudio de soluciones.

La valoración de la obra se realiza mediante la definición de las unidades de obra correspondientes, que serán en su gran mayoría comunes a las tres alternativas, siendo su resultado el producto del precio unitario de cada una por su medición. Debajo de cada una de ellas aparece una breve descripción así como características particulares,

Se muestran las mediciones valoradas sobre la alternativa centro. Las unidades de cada unidad de obra vienen expresadas en la tabla.

Todos y cada uno de los precios unitarios y totales se expresan en €. El presupuesto de ejecución material viene indicado al final de la tabla.

Valoración económica						
Código	Naturaleza	Uds	Resumen	Cantidad	Precio unitario	Importe
1	Capítulo		MOVIMIENTO DE TIERRAS Y DEMOLICIONES	1	2241390,46	2241390,46
P001	Partida	m ²	Despeje y desbroce del terreno	9757,58	0,58	5659,4
			M2 Despeje y desbroce del terreno por medios mecánicos i/ desbroce, arranque, carga y transporte a vertedero o gestor autorizado hasta una distancia de 60 km retirada de tierra vegetal de cualquier espesor, incluso retirada de tocones, talado, retirada y limpieza de raíces, con carga, canon y transporte a vertedero o lugar de empleo.			
P002	Partida	m ³	Excavación tierra vegetal	24530,6	1,98	48570,59
			M3 Excavación de tierra vegetal i/ carga y transporte a vertedero hasta una distancia de 10 km o acopio dentro de la obra, depósito de tierra vegetal en zona adecuada para su reutilización y acondicionamiento y mantenimiento de acopios, formación y mantenimiento de los caballeros y pago de los cánones de ocupación.			
P003	Partida	m ³	Excavación desmonte en todo tipo de terreno incluso en roca	102013,28	5,73	584536,09
			M3 Excavación en desmonte en todo tipo de terreno, incluso en roca con empleo de medios mecánicos, explosivos, i/ agotamiento y drenaje durante la ejecución, saneo de desprendimientos, formación y perfilado de cunetas, carga y transporte a vertedero hasta una distancia de 10 km o al lugar de reutilización dentro de la obra sea cual sea la distancia, perforación del terreno, colocación de explosivos y voladura y limpieza de fondo de excavación. Excepto precorte.			
P005	Partida	m ³	Terraplen de suelo	103359,01	6,67	689404,6

			M3 Relleno de suelo seleccionado procedente de préstamo, yacimiento granular o cantera para la formación de explanada en coronación de terraplén y en el fondo de desmonte i/ canon de cantera, excavación del material, carga y transporte al lugar de empleo, hasta una distancia de 30 km, extendido, humectación, compactación, terminación y refinado de la superficie de la coronación.			
P006	Partida	m ³	Rellenos de explanada	136301,46	6,7	913219,78
			M3 Relleno, extendido y compactado de tierras, por medios mecánicos, en tongadas de 15 cm de espesor, incluso aporte de las mismas.			
			1	1	2241390,46	2241390,46
2	Capítulo		FIRMES Y PAVIMENTOS	1	662749,13	662749,13
P007	Partida	m ³	Zahorra artificial	21.961,68	18,19	399.482,96
			M3 Zahorra artificial i/ transporte, extensión y compactación. Medido sobre perfil teórico			
P008	Partida	t	M.B.C tipo AC32 base G	2.866,64	26,47	75.879,96
			Tn Mezcla bituminosa en caliente tipo AC32 base G (G-20 base) extendida y compactada, excepto betún y polvo mineral de aportación.			
P009	Partida	t	M.B.C tipo AC32 bin S	230,55	26,44	6.095,74
			Tn Mezcla bituminosa en caliente tipo AC32 bin S (S-20 intermedia), extendida y compactada, excepto betún y polvo mineral de aportación.			
P010	Partida	t	M.B.C BBTM 8A	1.689,97	26,52	44.818,00
			Tn Mezcla bituminosa en caliente, de granulometría discontinua, en capas de rodadura delgadas, con betún B50/70, áridos con desgaste de Los Ángeles < 20, fabricada y puesta en obra, extendido y compactación, incluido filler calizo de aportación y betún.			
P011	Partida	t	Betún asfáltico tipo B50/70	262,83	440,00	115.643,00
			Tn Betún asfáltico en mezclas bituminosas B 50/70			
P012	Partida	t	Polvo mineral	320,32	49,27	15.782,17
			Tn Polvo mineral o carbonato (triclase o similar) empleado como polvo mineral de aportación en mezclas bituminosas en caliente puesto a pie de obra o planta.			
P013	Partida	t	Riego de adherencia C60B3-ADH	5,20	369,70	1.922,44
			Tn Emulsión C60B3-ADH en riegos de adherencia o C60B3-CUR en riegos de curado i/ barrido y preparación de la superficie, totalmente terminado.			
P014	Partida	t	Riego de imprimación C60BF5-IMP	8,24	379,23	3.124,86
			Tn Emulsión C60BF5-IMP en riegos de imprimación i/ barrido y preparación de la superficie, totalmente terminado.			
			2	1	662.749,13	662.749,13



ALTERNATIVA CENTRO

3	Capítulo		OBRAS HIDRÁULICAS	1	108749,4	108749,4
P015	Partida	m ²	Despeje y desbroce del terreno	5.100,00	0,70	3.570,00
			Despeje y desbroce del terreno hasta una profundidad de 0.20 m por medios mecánicos, con corte y retirada de arbustos, arrancando las raíces y destocoado en caso necesario, incluso la carga y transporte de la tierra vegetal a vertedero.			
P016	Partida	m ³	Excavación a cielo abierto	1.170,00	5,81	6.797,70
			Excavación a cielo abierto, en tierras, con medios mecánicos, incluso compactación del fondo de la excavación, carga, transporte de tierras procedentes de la excavación a vertedero y/o acopio en obra.			
P017	Partida	m ³	Relleno, extendido y compactado de tierras,	2.116,00	6,60	13.965,60
			Relleno, extendido y compactado de tierras, por medios mecánicos, en tongadas de 16 cm de espesor, incluso aporte de las mismas.			
P018	Partida	m ²	Geotextil tejido a base de polipropileno	5.100,00	4,76	24.276,00
			Geotextil tejido a base de polipropileno para filtro, con una resistencia a la tracción longitudinal y transversal de 55 kN/m, resistencia CBR a punzonamiento 5 kN			
P019	Partida	m ³	Geomalla permanente con matriz plástica	3.880,00	9,02	34.997,60
			Geomalla permanente con matriz plástica, 100% propileno, con un peso de 687 gr/m ² y una resistencia a la tensión tangencial de 672 Pa.			
P021	Partida	m ³	Escollera de piedras sueltas, de tamaño medio 0.40 m	720,00	36,80	26.496,00
			Escollera de piedras sueltas, de tamaño medio 0.40 m en protección local de pilas, completamente terminada, incluso el transporte.			
P022	Partida	m ³	Escollera de piedras sueltas, de tamaño medio 0.30 m	167,00	32,60	5.444,20
			Escollera de piedras sueltas, de tamaño medio 0.30 m en protección local de pilas, completamente terminada, incluso el transporte.			
			3	1,00	108.749,40	108.749,40
4	Capítulo		ESTRUCTURAS	1	1872817,02	1872817,02
4.1	Subcapítulo		Puente sobre el rincón del Calvo	1		922.866,01
P023	Partida	m ²	Hormigón de limpieza HL-150/P/25	15,00	52	781
			Hormigón en masa para capa de regularización y limpieza, tipo HL-150/P/25/I, incluso fabricación, suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P025	Partida	m ³	Hormigón armado tipo HA-30/B/20/IIB	1.348,28	67	90.335
			Hormigón para pretensar en estructuras, tipo HA-30/B/20/IIB, incluso fabricación suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P026	Partida	m ³	Hormigón armado tipo HA-35/B/20/Qb	1398,72	60	83.923

			Hormigón para pretensar en estructuras, tipo HA-35/B/20/Qb, incluso fabricación suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P027	Partida	m ³	Hormigón armado tipo HA-25/B/20/Qb	226,05	57	12.885
			M3 Hormigón para pretensar en estructuras, tipo HA-25/B/20/Qb, incluso fabricación suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado. M3 Hormigón para pretensar en estructuras, tipo HA-25/B/20/Qb, incluso fabricación suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P028	Partida	kg	Acero corrugado B-500-S	136.925,80	1	98.587
			Acero corrugado B-500-S en barras para armadura incluso suministro, cortado, doblado, atado, colocación, solapes, patillas, alambre de atar, exceso de peso y p.p. de mermas, despuntes, separadores y rigidizadores.			
P029	Partida	u	Neopreno zunchado	10,00	2.120	21.200
			Neopreno zunchado según anejo de estructuras para apoyo de vigas prefabricadas en subestructuras, incluso mortero de nivelación, totalmente acabado.			
P030	Partida	ml	Pretil metálico	361,00	250	90.250
			Pretil metálico resistente a impactos galvanizado en caliente por inmersión según planos, incluso galvanizado y pintado de elementos metálicos, suministro, anclaje y colocación totalmente terminado			
P032	Partida	kg	Acero activo y-1860-7	37627	7	271.291
			Acero superestabilizado para pretensar tipo BY 1860 S7 de 1860 N/mm ² de carga de rotura mínima, incluso p.p. de andamios, grúas, vainas, culatas, anclajes, inyecciones de protección, sellado de los cajetines de anclaje, así como todas las operaciones de tesado parciales y totales. Incluso anclajes y elementos auxiliares			
P033	Partida	m ²	Encofrado madera	0	23	0
			Encofrado de madera para elementos estructurales de paramentos vistos. Mediante tablero de madera incluyendo soportes y apuntalamiento. Incluso desencofrado limpieza y almacenamiento.			
P034	Partida	m ²	Encofrado metálico	5265	48	253.615
			Encofrado metálico para elementos estructurales de paramentos vistos. Mediante tablero de metálico incluyendo soportes y apuntalamiento. Incluso desencofrado limpieza y almacenamiento.			
P035	Partida	m ²	Encofrado trepante	0	52	0
			Encofrado trepante para elementos estructurales de paramentos vistos. Mediante trepador incluyendo soportes y apuntalamiento. Incluso desencofrado limpieza y almacenamiento.			
			4.1	1	922.866	922.866



ALTERNATIVA CENTRO

4.2	Subcapítulo		Puente sobre el Barranco del Remedio	1		517.311,01
P023	Partida	m³	Hormigón de limpieza HL-150/P/25	239,87	52,06	12487,63
			Hormigón en masa para capa de regularización y limpieza, tipo HL-150/P/25/1, incluso fabricación, suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P024	Partida	m3	Hormigón armado tipo HP-35/B/20/Ila	711,75	72	51246
			Hormigón para pretensar en estructuras, tipo HA-40/B/20/Ila, incluso fabricación suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P025	Partida	m³	Hormigón armado tipo HA-30/B/20/IIB	355,68	67	23830,56
			Hormigón para pretensar en estructuras, tipo HA-30/B/20/IIB, incluso fabricación suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P027	Partida	m³	Hormigón armado tipo HA-25/B/20/Qb	123,5	57	7039,5
			Hormigón para pretensar en estructuras, tipo HA-25/B/20/Qb, incluso fabricación suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P028	Partida	kg	Acero corrugado B-500-S	142.759,50	1	142759,5
			Kg Acero corrugado B-500-S en barras para armadura incluso suministro, cortado, doblado, atado, colocación, solapes, patillas, alambre de atar, exceso de peso y p.p. de mermas, despuntes, separadores y rigidizadores.			
P029	Partida	u	Neopreno zunchado	5,00	750	3750
			Neopreno zunchado según anejo de estructuras para apoyo de vigas prefabricadas en subestructuras, incluso			
P030	Partida	ml	Pretil metálico	190,00	250	47500
			Pretil metálico resistente a impactos galvanizado en caliente por inmersión según planos, incluso galvanizado y pintado de elementos metálicos, suministro, anclaje y colocación totalmente terminado.			
P031	Partida	ml	Junta de dilatación	21,00	230	4830
			Junta de dilatación de calzada entre 15 y 250 mm de desplazamiento incluso formación de cajetines, colocación de anclajes, fijado de la junta y posterior sellado totalmente colocada.			
P032	Partida	kg	Acero activo y-1860-7	19575,28	7,21	141137,77
			Acero superestabilizado para pretensar tipo BY 1860 S7 de 1860 N/mm2 de carga de rotura mínima, incluso p.p. de andamios, grúas, vainas, culatas, anclajes, inyecciones de protección, sellado de los cajetines de anclaje, así como todas las operaciones de tesado parciales y totales. Incluso anclajes y elementos auxiliares			
P033	Partida	m2	Encofrado madera	0	22,58	0
			Encofrado de madera para elementos estructurales de paramentos vistos. Mediante tablero de madera incluyendo soportes y apuntalamiento. Incluso desencofrado limpieza y almacenamiento.			

P034	Partida	m2	Encofrado metálico	1717,46	48,17	82730,05
			Encofrado metálico para elementos estructurales de paramentos vistos. Mediante tablero de metálico incluyendo soportes y apuntalamiento. Incluso desencofrado limpieza y almacenamiento.			
P035	Partida	m2	Encofrado trepante	0	52,21	0
			Encofrado trepante para elementos estructurales de paramentos vistos. Mediante trepador incluyendo soportes y apuntalamiento. Incluso desencofrado limpieza y almacenamiento.			
			4.2	1	517311,01	517311,01
4.3	Subcapítulo		Tercer puente	1		432.640
P040	Partida	m	Puente de hormigón pretensado	83,20	5200	432640
			Puente de hormigón pretensado, incluso hormigonado, armado y encofrado.			
			4.3	1	432640	432640
5	Capítulo		ADECUACIÓN AMBIENTAL	1	194.179	194.179
MC01	Partida	ud	Gavión de 1x1,50x2.	180	85,2	15336
			Gavión formado por malla (de triple torsión) de alambre de acero de 2.7 mm al que se le dan tres capas de galvanizado, con 270 gramos de zinc, rellena en obra con material de zona, de dimensiones 1.00x1.50x2m. incluso construcción y colocación y todas aquellas partidas necesarias para su correcta ejecución			
MC02	Partida	m	Muro verde	80	115	9200
			I. Muro verde. Muro de gravedad, mediante el sistema Deltalock . Compuesto por sacos de 0,55 x 0.13 m. de 100% de polipropileno y 2,2 l/s de permeabilidad.			
MC03	Partida	m2	Entramado de madera viva	70	164,5	11515
			Estructura celular de troncos de madera combinado con inserción de plantas vivas. Los materiales a utilizar serán: Troncos de especies con madera duradera de 4 m. de longitud y 25 cm de diámetro. Se aconseja utilizar madera de castaño. Troncos de 2,5 m.de longitud y 0,25 m de diámetro. Clavos de acero con adherencia mejorada de diámetro 12-14 cm. Estaca vivas y plantas enraizadas de caducifolias. Fajinas vivas de sauce de 20 m. Piedra y material de relleno inerte.			
MC04	Partida	m2	Hidrosiembra	140	226,69	31736,6
			Aplicación de medidas de hidrosiembra sobre taludes finales de restauración, a fin de conseguir un rápido recubrimiento de los mismos.			
MC05	Partida	m2	Cartel lamas de acero reflexivos nivel 1	2	315,96	631,92
			Cartel en lamas de acero reflexivo nivel 1, con parte proporcional de IPN, i/p.p. poste galvanizado, tornillería, cimentación y anclaje, totalmente colocada.			



ALTERNATIVA CENTRO

MC06	Partida	ud	Marco de hormigón armado para paso de fauna	12	476,6	5719,2
			Marcos De hormigón armado HA-35 con acero B-500 y machiembado de 2,00x2,00x2,00 para paso de fauna incluso colocación y todas aquellas partidas necesarias para su correcta ejecución.			
MC07	Partida	m	Jalonamiento temporal de protección del perímetro de la obra.	4400	0,43	1892
			jalonamiento temporal de protección formado por soportes angulares metálicos de 30 mm y 1 m de longitud unidos entre sí mediante una cinta de señalización de obra y colocados cada 8 metros.			
MC08	Partida	m	Jalonamiento temporal de protección de la vegetación.	3300	0,43	1419
			Constituido por soportes angulares metálicos de 30 mm y 1 m de longitud, estando los 20 cm superiores cubiertos por una pintura roja y los 30 cm inferiores clavados al terreno. Soportes colocados cada 8 metros y unidos entre sí mediante una cinta de señalización de obra.			
MC09	Partida	m	Jalonamiento temporal de protección perímetro de elementos etnológicos.	400	0,43	172
			Jalonamiento temporal de protección formado por soportes angulares de 30 mm y 1m de longitud unidos entre sí mediante una cinta de señalización de obra y colocados cada 8 metros.			
MC10	Partida	ud	Señal zona de obras.	2	380,63	761,26
			Cartelería de aviso de zonas de obras.			
MC11	Partida	ud	Señal vía pecuaria.	2	171,6	343,2
			Señal vertical homologada de vía pecuaria			
MC12	Partida	ud	Análisis de la calidad de aguas.	12	160	1920
			Análisis de aguas concurrentes del rio Chelva lo largo de la duración de las obras.			
MC13	Partida	ud	Visita arqueológica de media jornada.	12	713	8556
			Visita arqueológica de media jornada durante la ejecución de obras, efectuada por un arqueólogo, incluso permisos, redacción de informes y documentación gráfica de todas las estructuras etnológicas detectadas.			
MC14	Partida	ud	Visita inspección de afección natural pasos de fauna.	25	350	8750
			Visita de media jornada durante la fase de explotación de la carretera, efectuada por un profesional, incluso redacción de informes y documentación gráfica de todas las estructuras etnológicas detectadas.			
PR1	Partida	ud	MÓDULO DE ESPECIES HERBÁCEAS	750	3,14	2355
			Módulo de especies arbustivas, según las especies establecidas en el propio Plan de Restauración			
PR2	Partida	ud	MÓDULO DE ESPECIES ARBÓREAS	40	449,85	17994
			Módulo de especies coníferas arbóreas, las especies establecidas por el propio Plan de Restauración.			
PR3	Partida	ud	MÓDULO DE ESPECIES CONÍFERAS	20	1748,02	34960,4
			Módulo de especies de coníferas, según establecidas por el propio Plan de restauración			
PR4	Partida	ud	MÓDULO DE ESPECIES FRONDOSAS	75	440,24	33018

			Módulo de especies frondosas, según establecidas por el propio Plan de restauración.			
PR5	Partida	ud	MÓDULO DE ESPECIES GIPSÍCOLAS	38	207,88	7899,44
			Módulo de especies gipsícolas, según las especies establecidas por el propio Plan de restauración			
			5	1	194179,02	194179,02
6	Capítulo		SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO	1	54000	54000
	Partida	u	Señalización horizontal	4,40	4000	17600
			Señalización horizontal por kilómetro lineal de carretera incluso transporte y colocación.			
	Partida	u	Señalización vertical	4,40	10000	44000
			Señalización vertical por kilómetro lineal de carretera incluso transporte y colocación.			
	Partida	u	Balizamiento y defensas	4,40	40000	176000
			Balizamiento y defensas por kilómetro lineal incluso transporte y colocación.			
			6	1	54000	54000
7	Capítulo		Drenaje	1	75000	75000
UO-X	Partida	m3	m³ de hormigón HM-20/P/20/lib	75	1000	75000
			m³ de hormigón HM-20/P/20 (hormigón en masa de resistencia característica 20 Mpa, de consistencia plástica y tamaño máximo de árido de 20 mm) para formación de cunetas incluso encofrado, fratasado, acabados y juntas.			
				1	75000	75000
8	Capítulo		Seguridad y Salud	1	171694,939	171694,939
PA01	Partida	ud	P.A a justificar para seguridad y salud	1,00	171.694,94	171.694,94
			u Partida alzada a justificar para presupuesto de seguridad y salud (estimado 2.5% actuación)			
9	Capítulo		Gestión de residuos.	1	171694,939	171694,939
PA02	Partida	ud	P.A a justificar para gestión residuos	1,00	171.694,94	171.694,94
			CHELVA_SUR_01	TOTAL	5.552.274,91	5.552.274,91