



ALTERNATIVA CENTRO. ANÁLISIS DEL TRÁFICO Y DE LA SEGURIDAD VIAL.

CONCURSO PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE CV-190 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE FIGUEROLES
(PROVINCIA DE CASTELLÓN).

Trabajo final de grado

Curso: 2014/15

Autor: Marta Contreras Moya

Tutor: Francisco Javier Camacho Torregrosa

Cotutor: Ana María Pérez Zuriaga

Titulación: Grado en Ingeniería Civil

Valencia, junio de 2015



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



DOCUMENTO N°1

MEMORIA GENERAL TFG MULTIDISCIPLINAR

CONCURSO PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE CV-190 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE FIGUEROLES (PROVINCIA DE CASTELLÓN).



ALUMNOS QUE FORMAN PARTE DEL TRABAJO FINAL DE GRADO MULTIDISCIPLINAR BAJO EL TÍTULO GENÉRICO:
“CONCURSO PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE CV-190 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE FIGUEROLES (PROVINCIA DE CASTELLÓN).”

Alumno	Subtítulo
Álvarez Mondaca, Nacho	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Sur. Concepción estructural y diseño del tablero del puente sobre el barranco del Tossal de la Negra
Camarena Escribano, Marina	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Norte. Diseño y dimensionamiento del puente sobre el barranco al Este de Figueroles
Contreras Moya, Marta	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Centro. Análisis del tráfico y de la seguridad vial
Deltell Bernabé, Guillermo	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Norte. Diseño geométrico y del firme
Díaz-Miguel Manzanque, Alberto	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Sur. Diseño geométrico y del firme
Fuentes Gómez, Alejandro	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Centro. Estudio hidrológico y drenaje transversal
Gamarra Sahuquillo, David	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Norte. Diseño de los nudos
Higón García, Fernando	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Norte. Análisis del tráfico y de la seguridad vial
Mateo Villalba, Salvador	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Sur. Estudio hidrológico y drenaje transversal
Mateo Cornejo, Kathya Gabriela	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Estudio de Impacto Ambiental en todos los corredores. Análisis sobre el medio físico.
Mira Abad, Aitor	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Análisis de la situación actual y propuesta de mejoras
Moya Blasco, César	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Centro. Diseño geométrico y del firme
Natividad Roig, Francisco	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Norte. Diseño y dimensionamiento del puente sobre el río Lucena
Ortiz Verdú, Carlos	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Sur. Análisis del tráfico y de la seguridad vial
Palao Puche, Juan Pedro	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Sur. Diseño hidráulico de las obras de ingeniería fluvial para la protección del puente sobre el río Lucena
Pascual Caballero, Ana	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Centro. Estudio hidrológico y drenaje transversal
Planells Zamora, Jorge	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Sur. Diseño de los nudos
Rambla Cerdà, Nerea	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Centro. Diseño hidráulico de las obras de ingeniería fluvial para la protección del puente sobre el río Lucena
Romero Ballesteros, Luis	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Estudio de Impacto Ambiental en todos los corredores. Análisis sobre el medio biótico
Saenz Rada, Asier	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Centro. Diseño y dimensionamiento del puente sobre el barranco al Este de Figueroles
Sánchez Laosa, Javier	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Centro. Diseño y dimensionamiento del puente sobre el río Lucena
Tatay Calvet, Jennifer	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Estudio geológico-geotécnico
Zamora Alférez, José María	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Centro. Diseño de los nudos
Zheng Lu, Jia Wei	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Sur. Concepción estructural y diseño de subestructuras y obras de fábrica
Zheng Lu, Jia Yi	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Sur. Concepción estructural y diseño de tableros del puente sobre el río Lucena

La autoría del apartado inicial recae en la totalidad de los alumnos incluidos en la presente tabla, definiéndose posteriormente en el resto de documentos del proyecto la autoría de cada uno de ellos.
El resto de documentos corresponden a una de las alternativas del concurso.



MEMORIA GENERAL

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES	2
2. OBJETO.....	2
3. SITUACIÓN ACTUAL	2
4. EQUIPOS.....	2
5. MÉTODO DE TRABAJO	4



1. ANTECEDENTES

La población de Figueroles se sitúa en la comarca de l'Alcalatén, dentro de la zona de influencia del puerto y la ciudad de Castellón, formando parte de un área industrial azulejera de gran importancia económica.

La carretera objeto de estudio tiene una función vertebradora en la zona más hacia el interior de la provincia., además de servir de acceso al gran número de empresas del sector ubicadas en los alrededores del municipio.

Este alto nivel de actividad industrial implica un alto nivel de tráfico de vehículos pesados, lo que supone una limitación de la funcionalidad del tramo de travesía, a su paso por el municipio, y una falta de confort y seguridad vial para los habitantes de Figueroles.

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 del gran número de vehículos pesados por la travesía del municipio, reduciendo los problemas descritos anteriormente.

Se propuso una solución en el año 2005 donde se iba a proyectar una variante por el lado Norte de Figueroles con una longitud total de 3.801 metros, la cual tenía origen en la glorieta existente de veinticinco metros de radio interior que se ubicaba en el término de Lucena del Cid, en la intersección en T que daba acceso a la fábrica de Mosavit.

El inicio de esta variante transcurriría principalmente por campos cultivados y parcelas turísticas y tendrán que sobreponerse a elementos como el río Lucena a través de un puente conformado con un vano de 35 metros de luz libre y cinco vanos de treinta metros que generarían una longitud total de 190 metros, con una sección de 10 metros de anchura, sustentado en cinco pilas. No sería la única vía de paso, ya que también venían incluidas en el proyecto una estructura de 185 metros de longitud con seis vanos de 30 metros de luz libre que solventaría el barranco del Agua. Además estaba incluido un falso túnel que atravesaría el pasillo forestal.

Ambientalmente, dicha solución disminuiría la contaminación y los problemas de ruido soportados en el caso urbano, y se soluciona la afección a la fauna y la las vías pecuarias, creando pasos de fauna y dando continuidad a las vías pecuarias afectadas.

Respecto a los efectos sobre el tráfico, el diseño de la variante con un ensanchamiento de la calzada y la creación de dos glorietas aumentan la capacidad a excepción del tramo de la travesía y suponen una mejora en la accesibilidad urbana.

El presupuesto previsto ascendía a 9.733.343,23 Euros.

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

Politécnica 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 "Concurso para el proyecto de construcción de la variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón)" se ha redactado de manera conjunta entre veinticinco alumnos de diferente especialización. A partir de la problemática actual en la carretera CV-190, comentada en el apartado 1, se ha realizado el estudio de tres variantes de construcción de la carretera en el tramo de travesía de Figueroles, cuyos trazados discurren en las zonas próximas a dicha población.

3. SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad, se puede caracterizar la carretera con la dualidad existente por parte de vehículos pesados como turismos. La variante pretende desviar la circulación de los vehículos pesados que actualmente se ven obligados a atravesar por el interior del municipio con el fin de mejorar la seguridad vial.

El tráfico pesado que circula por ella conforma un 15,60% del tráfico total, lo que nos indica que es de suma importancia el estudio de una solución que pueda evitar el paso de los vehículos pesados que suponen un alto riesgo para la seguridad.

Para el estudio de la existente carretera, se ha compuesto un grupo de personas que se encargarán de la definición de la vía actual con los elementos que puedan ser de estudio. Se partirán de bases de parámetros de la carretera actual, junto con otras características que se detallan como el estudio geológico-geotécnico y los posibles impactos económicos-ecológicos que puedan existir a los alrededores de Figueroles.

Para dar solución a esta problemática, se ha optado por la realización de tres alternativas que desviarían el flujo de los vehículos fuera de la localidad, permitiendo así la liberación del tráfico que atraviesa actualmente el casco urbano de Figueroles. Las alternativas descritas en el presente proyecto, se pueden definir como alternativa sur, alternativa centro y alternativa norte, las cuales han sido redactadas por grupos distintos conformando soluciones con diferentes características físicas debido a la variedad de su trazado.

Cada grupo ha realizado distintos trazados adaptándose al máximo a la orografía y demás factores y elementos puntuales existentes con el fin de dar soluciones óptimas.

4. EQUIPOS

Para la realización de este trabajo multidisciplinar, se ha dividido a los 25 estudiantes en cuatro grupos distintos. Los tres primeros grupos se encargan de estudiar una alternativa por grupo. Para ello, dichos grupos están integrados por alumnos que se centraron en



ALTERNATIVA CENTRO

estudiar los aspectos estructurales, hidrológicos, diseño de la carretera, entre otros.

Por otra parte, el último grupo está conformado por aquellos estudiantes que desarrollaron trabajos comunes a todas las variantes. La organización de cada uno de los grupos de trabajo, así como los nombres de los alumnos que la conforman se resume en la siguiente tabla.

Alumno	Subtítulo
Álvarez Mondaca, Nacho	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Sur. Concepción estructural y diseño del tablero del puente sobre el barranco del Tossal de la Negra
Camarena Escribano, Marina	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Norte. Diseño y dimensionamiento del puente sobre el barranco al Este de Figueroles
Contreras Moya, Marta	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Centro. Análisis del tráfico y de la seguridad vial
Deltell Bernabé, Guillermo	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Norte. Diseño geométrico y del firme
Díaz-Miguel Manzanque, Alberto	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Sur. Diseño geométrico y del firme
Fuentes Gómez, Alejandro	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Centro. Estudio hidrológico y drenaje transversal
Gamarra Sahuquillo, David	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Norte. Diseño de los nudos
Higón García, Fernando	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Norte. Análisis del tráfico y de la seguridad vial
Mateo Villalba, Salvador	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Sur. Estudio hidrológico y drenaje transversal
Mateo Cornejo, Kathya Gabriela	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Estudio de Impacto Ambiental en todos los corredores. Análisis sobre el medio físico.
Mira Abad, Aitor	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Análisis de la situación actual y propuesta de mejoras
Moya Blasco, César	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Centro. Diseño geométrico y del firme
Natividad Roig, Francisco	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Norte. Diseño y dimensionamiento del puente sobre el río Lucena
Ortiz Verdú, Carlos	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Sur. Análisis del tráfico y de la seguridad vial
Palao Puche, Juan Pedro	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Sur. Diseño hidráulico de las obras de ingeniería fluvial para la protección del puente sobre el río Lucena
Pascual Caballero, Ana	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Centro. Estudio hidrológico y drenaje transversal
Planells Zamora, Jorge	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Sur. Diseño de los nudos
Rambla Cerdà, Nerea	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Centro. Diseño hidráulico de las obras de ingeniería fluvial para la protección del puente sobre el río Lucena
Romero Ballesteros, Luis	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Estudio de Impacto Ambiental en todos los corredores. Análisis sobre el medio biótico
Saenz Rada, Asier	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Centro. Diseño y dimensionamiento del puente sobre el barranco al Este de Figueroles
Sánchez Laosa, Javier	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Centro. Diseño y dimensionamiento del puente sobre el río Lucena
Tatay Calvet, Jennifer	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Estudio geológico-geotécnico
Zamora Alférez, José María	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Centro. Diseño de los nudos
Zheng Lu, Jia Wei	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Sur. Concepción estructural y diseño de subestructuras y obras de fábrica
Zheng Lu, Jia Yi	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Alternativa Sur. Concepción estructural y diseño de tableros del puente sobre el río Lucena

La alumna Ana Pascual Caballero ha desarrollado todo su trabajo centrándose en el cálculo de la Alternativa Norte. Por motivos académicos, y puesto que la hidrología es común entre las alternativas Norte y Centro, finalmente va a asociarse su trabajo a la Alternativa Centro, con el fin de que los cálculos hidrológicos sirvan para el análisis de las obras de protección para las obras de esta última alternativa.



5. MÉTODO DE TRABAJO

La metodología aplicada para llevar a cabo este Trabajo Fin de Grado multidisciplinar, conformado por veinticinco alumnos, ha sido trabajar con dos tipologías de grupo, por una parte los grupos formados por cada alternativa y por otra parte los grupos formados por especialidad.

En primer lugar, cabe destacar que para la redacción de este proyecto ha sido importante la interrelación entre los alumnos de una misma alternativa, ya que para obtener los datos de partida de cada uno de los trabajos individuales como de otros datos característicos han sido necesario los resultados de los compañeros de otras especialidades como también la interrelación entre los alumnos que conforman la alternativa general. Para facilitar este intercambio de información se realizaron talleres semanales. En ello se tuvo la posibilidad de comentar el avance de los estudios individuales entre los alumnos así como con los tutores que conforman este Trabajo Fin de Grado. También debido a la existencia de estas reuniones semanales se logró la interacción entre todos los participantes a la hora de proponer mejoras sobre el diseño de las alternativas.

El segundo de los grupos de trabajo, el grupo de cada especialidad, se ha centrado en el trabajo directo con el tutor y cotutor correspondiente, además de con los alumnos de la misma especialidad, con el objetivo de conocer el alcance de cada uno de los trabajos. En este caso la organización ha dependido de los tutores encargados de cada especialidad, formando seminarios o reuniones según las necesidades de los grupos, que han servido para el avance en la redacción y dar solución a los problemas que han ido surgiendo.

El número de talleres aproximado por cada especialidad ha sido aproximadamente de diez, cuyo objetivo ha sido el de enseñarlos a los alumnos el uso de software específico para poder aplicar algunos de los conocimientos adquiridos en la carrera a una problemática práctica, que ha sido el presente proyecto.

Finalmente destacar que antes de dar comienzo a la elaboración del proyecto a finales de Enero del 2015 se efectuó una visita de campo para realizar un reconocimiento del terreno sobre el que discurriría el trazado de las distintas variantes, en el cual visitaron detenidamente tanto la actual CV-190 así como las zonas donde probablemente se ubicarían el trazado de cada una de las tres variantes contando además con la explicación de la geología de cada zona. En esta visita además los alumnos participaron en un aforo de tráfico y se realizó un reportaje fotográfico de la visita.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



DOCUMENTO N°2

MEMORIA Y ANEJOS

CONCURSO PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE CV-190 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE FIGUEROLES (PROVINCIA DE CASTELLÓN).
ALTERNATIVA CENTRO



ALUMNOS QUE FORMAN PARTE DE LA ALTERNATIVA CENTRO

Alumno	Subtítulo
Moya Blasco, Cesar	Concurso para el proyecto de construcción de la variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (Provincia de Castellón). Alternativa Centro. Diseño geométrico y del firme.
Zamora Alfárez, José María	Concurso para el proyecto de construcción de la variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (Provincia de Castellón). Alternativa Centro. Diseño de los nudos.
Contreras Moya, Marta	Concurso para el proyecto de construcción de la variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (Provincia de Castellón). Alternativa Centro. Análisis del tráfico y de la seguridad vial.
Rambla Cerdà, Nerea	Concurso para el proyecto de construcción de la variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (Provincia de Castellón). Alternativa Centro. Diseño hidráulico de las obras de ingeniería fluvial para la protección del puente sobre el río Lucena.
Pascual Caballero, Ana	Concurso para el proyecto de construcción de la variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (Provincia de Castellón). Alternativa Centro. Estudio hidrológico y drenaje transversal.
Saenz Rada, Asier	Concurso para el proyecto de construcción de la variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (Provincia de Castellón). Alternativa Centro. Diseño y dimensionamiento del puente sobre el barranco al Este de Figueroles
Sánchez Laosa, Javier	Concurso para el proyecto de construcción de la variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (Provincia de Castellón). Alternativa Centro. Diseño y dimensionamiento del puente sobre el río Lucena.

ALUMNOS QUE REALIZAN ESTUDIOS GENERALES INCLUIDOS EN EL DOCUMENTO

Alumno	Subtítulo
Mateo, Kathya	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Estudio de Impacto Ambiental en todos los corredores. Análisis sobre el medio físico.
Mira Abad, Aitor	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Análisis de la situación actual y propuesta de mejoras
Romero, Luis	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Estudio de Impacto Ambiental en todos los corredores. Análisis sobre el medio biótico
Tatay Calvet, Jennifer	Concurso para el Proyecto de Construcción de la Variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles (provincia de Castellón). Estudio geológico-geotécnico



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



ÍNDICE DE CONTENIDOS

Índice de contenidos

CONCURSO PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE CV-190 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE FIGUEROLES (PROVINCIA DE CASTELLÓN).
ALTERNATIVA CENTRO



Documentos	Alumno
Memoria	Todos
Valoración económica	Todos

Anejo	Alumno
Geología y geotecnia	Tatay Calvet, Jennifer
Hidrología y drenaje	Pascual Caballero, Ana
Situación actual	Mira Abad, Aitor
Análisis del tráfico	Contreras Moya, Marta
Diseño geométrico	Moya Blasco, Cesar
Diseño de los nudos	Zamora Alfárez, José María
Desvíos de tráfico, afecciones y reposiciones de servicios	Zamora Alfárez, José María
Estudio de Seguridad Vial	Contreras Moya, Marta
Señalización, balizamiento y defensas	Moya Blasco, Cesar
Firmes	Moya Blasco, Cesar
Movimiento de tierras	Moya Blasco, Cesar
Cálculos estructurales	Saenz Rada, Asier
	Sánchez Laosa, Javier
Diseño hidráulico de las obras de ingeniería fluvial para la protección del puente sobre el río Lucena	Rambla Cerdà, Nerea



Índice de planos	Alumno	Índice de planos	Alumno
1. Localización	Todos	6. Protecciones hidráulicas de las estructuras	Rambla Cerdà, Nerea
2. Situación actual	Mira Abad, Aitor	6.1. Alzado y planta general	
3. Diseño geométrico del tronco principal	Moya Blasco, Cesar	6.2. Alzado con regularización del cauce	
3.1. Planta general		6.3. Alzado con porteción local y general	
3.2. Planta y perfil		6.4. Alzado y planta de la zona protegida	
3.3. Secciones tipo		6.5. Detalle en planta de las protecciones	
3.4. Secciones transversales		6.6. Perfil longitudinal de la protección	
3.5. Señalización y balizamiento	Zamora Alfárez, José María	7. Impacto ambiental	Mateo, Kathya Romero Ballesteros, Luis
4. Diseño geométrico de los nudos		7.1. Mapa Geológico	
4.1. Planta general		7.2. Mapa de planeamiento urbanístico	
4.2. Planta y perfil		7.3. Mapa de ocupación el suelo	
4.3. Secciones tipo		7.4. Mapa de capacidad de usos del suelo	
4.4. Señalización y balizamiento		7.5. Mapa de riesgo de erosión potencial	
4.5. Ubicación de reportaje fotográfico		7.6. Mapa de peligrosidad sísmica	
4.6. Desvíos de tráfico, afecciones y reposiciones		7.7. Vulnerabilidad de acuíferos	
5. Estructuras		7.8. Mapa de riesgo de inundación. PATRICOVA	
5.1. Estructura sobre el barranco al Este de Figueroles		7.9. Plano de elementos patrimoniales y zonas protegidas	
5.1.1. Planta de ubicación de estructuras	7.10. Plano de las medidas correctoras. Hidrosiembra		
5.1.2. Planta y alzado			
5.1.3. Plano de replanteo			
5.1.4. Planta inferior y planta de cimentación			
5.1.5. Sección tipo			
5.1.6. Secciones transversales en pilas y estribos			
5.1.7. Geometría de la sección			
5.1.8. Geometría y armado de vigas			
5.1.9. Geometría y armado de losa			
5.1.10. Geometría de dinteles			
5.1.11. Geometría y armado de pilas			
5.1.12. Geometría de cimentaciones			
5.1.13. Geometría y armado de estribos			
5.2. Estructura sobre el río Lucena	Sánchez Laosa, Javier Saenz Rada, Asier		
5.2.1. Planta de ubicación de estructuras			
5.2.2. Planta y alzado			
5.2.3. Plano de replanteo			
5.2.4. Planta inferior y planta de cimentación			
5.2.5. Sección tipo			
5.2.6. Secciones transversales en pilas y estribos			
5.2.7. Condicionantes hidráulicos			
5.2.8. Geometría de la sección			
5.2.9. Geometría y armado de vigas			
5.2.10. Geometría y armado de losa			
5.2.11. Geometría de dinteles			
5.2.12. Geometría y armado de pilas			
5.2.13. Geometría de cimentaciones			
5.2.14. Geometría y armado de estribos			



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



MEMORIA

CONCURSO PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE CV-190 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE FIGUEROLES (PROVINCIA DE CASTELLÓN).
ALTERNATIVA CENTRO



Memoria: ALTERNATIVA CENTRO

ÍNDICE

1. Antecedentes	2
2. Objeto	3
3. Localización	3
4. Situación actual (resumen de Aitor)	4
5. Descripción de la solución adoptada:.....	4
5.1. Geología y geotecnia	4
5.2. Hidrología y drenaje	5
5.3. Análisis del tráfico	6
5.4. Diseño geométrico	8
5.5. Diseño de los nudos.....	8
5.6. Desvíos de tráfico, afecciones y reposición de servicios	8
5.7. Estudio de Seguridad Vial	9
5.8. Señalización, balizamiento y defensas	10
5.9. Firmes	10
5.10. Movimientos de tierras.....	10
5.11. Cálculo estructural	10
5.12. Diseño hidráulico de la obras de ingeniería fluvial para la protección del puente sobre el río Lucena	10
6. Valoración de la solución	13



ÍNDICE de figuras

Fig. 1 Localización de la Alternativa Centro	3
Fig. 2 Esquema de los flujos de tráfico, años 2020 y 2040, tras la puesta en servicio de la nueva carretera. Fuente: elaboración propia, <i>Anejo X Estudio de seguridad vial</i>	7
Fig. 3 Explanada en Cuaternario.....	10
Fig. 4 Explanada en roca.....	10
Fig. 5 Firme adoptado.	10
Fig. 6 Puente de la Alternativa Centro esquematizado.....	12
Fig. 7 Sección aguas arriba del puente para periodo de retorno de 100 años.	12
Fig. 8 Socavación.....	12
Fig. 9 Valores de socavación en cada pila.	12

ÍNDICE de tabla

Tabla 1 Mapa topográfico del área de estudio. (Fuente: IGN).....	4
Tabla 2 Alternativas de la CV-190, y el tipo de terreno al que afectan.	5
Tabla 3 Hidrogramas de crecida para los diferentes periodos de retorno	6
Tabla 4 Características de las obras de drenaje finalmente adoptadas	6
Tabla 5 Media y desviación típica asumidas para cada sentido de circulación en la variante. Fuente: elaboración propia, <i>Anejo X Análisis del tráfico</i>	7

1. ANTECEDENTES

La comarca del Alcaatén, en el área de influencia del puerto y ciudad de Castellón, forma parte de una zona que destaca por su potente industria azulejera.

La carretera autonómica CV-190 sirve de elemento vertebrador de esta zona, en su vertiente más hacia el interior de la provincia. Así, en el entorno del municipio de Figueroles se ubican diversas empresas del sector.

Dicha actividad industrial lleva implícito un tráfico de vehículos pesados que limita la funcionalidad del tramo de travesía ubicado en el municipio, así como lleva asociadas una falta de confort y seguridad vial para los vecinos de Figueroles. Estas problemáticas en el entorno de la travesía se han podido comprobar y medir las visitas a la zona.

Es por todo ello que viene motivado el presente Estudio Básico de la Alternativa Centro de dicho proyecto de circunvalación.

2. OBJETO

El objeto de este Proyecto es el diseño de una circunvalación al municipio de Figueroles (Castellón). Todos los Anejos que acompañan esta Memoria persiguen definir este diseño. Todo ello se engloba en el Estudio Básico de la Alternativa Centro de la variante de la CV-190, a su paso por dicho municipio.

La construcción de esta variante está destinada a recoger todo el tráfico de la carretera CV-190 que actualmente debe atravesar la población Figueroles. Incluyendo el tráfico de pesados que en este caso tiene un gran volumen y es el causante de la problemática en esta zona.

Así mismo, la nueva variante debe integrar todas las medidas protectoras y correctoras del Estudio de Impacto Ambiental.

3. LOCALIZACIÓN

La Alternativa Centro se encuentra en la zona próxima a la población de Figueroles, situada al norte de la Comunidad Valenciana, en el interior de la Provincia de Castellón.

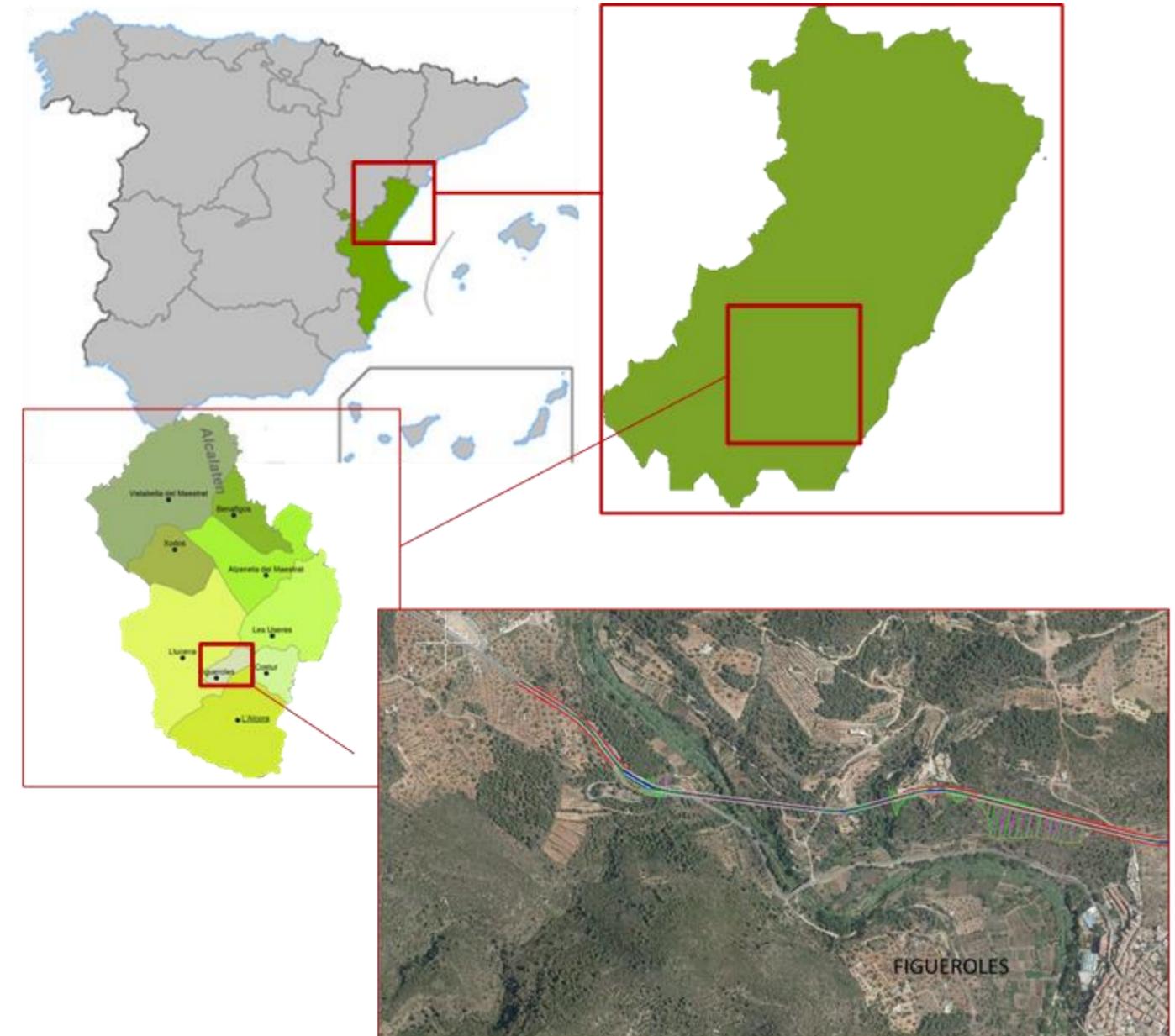


Fig. 1 Localización de la Alternativa Centro

4. SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Análisis de Tráfico

El objetivo fundamental consiste en analizar y caracterizar el tráfico localizado en nuestro ámbito de actuación, que será descrito con detalle en el alcance. Será necesario para ello el análisis de datos de distintas estaciones de aforo, junto con los aforos manuales elaborados expresamente para este proyecto de actuación.

Se determinará la capacidad y nivel de servicio de los distintos tramos de vía.

Es importante analizar no solo analizar el tramo en el que se van a ejecutar las mejoras, sino también los adyacentes, pues son estos los que condicionan el desarrollo del tráfico y resultan indispensables para una correcta interpretación de los datos analizados, evitando así posibles deformaciones locales de la realidad del tráfico.

4.2. Estudio Dinámica Poblacional

Las infraestructuras de transporte se conciben como una herramienta al servicio de las personas para desarrollar su actividad. De esta condición se deduce necesariamente la estrecha relación entre los factores socio-económicos y la necesidad de estas infraestructuras.

Analizar la interacción entre el territorio, la infraestructura y su población es vital para la correcta interpretación de la situación y detección de necesidades.

En resumen, estudiar el comportamiento de la población ubicada en el territorio de afección de una determinada infraestructura de transporte será determinante en la toma de decisión de posibles soluciones.

4.3. Análisis seguridad vial

La importancia del análisis de la seguridad en la vía radica en el simple hecho de que los usuarios de las infraestructuras de transporte, puedan utilizar las mismas con la mínima exposición al riesgo y evitar así posibles accidentes con consecuencias tanto físicas como psicológicas.

Se analizan los diversos factores concurrentes en la seguridad vial, explicando las características de cada uno de ellos.

Se realizará un listado de deficiencias de seguridad vial detectadas y documentadas tanto en la visita a campo, como en análisis posteriores mediante herramientas informáticas.

5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA:

5.1. Geología y geotecnia

Este trabajo Fin de Grado se enmarca en el trabajo multidisciplinar denominado Proyecto de Construcción de la variante CV-190 a su paso por el municipio de Figuerles (Castellón), elaborado en su conjunto por un grupo de más de 20 alumnos de las titulaciones de Grado en Ingeniería de Obras Públicas y Grado en Ingeniería Civil.

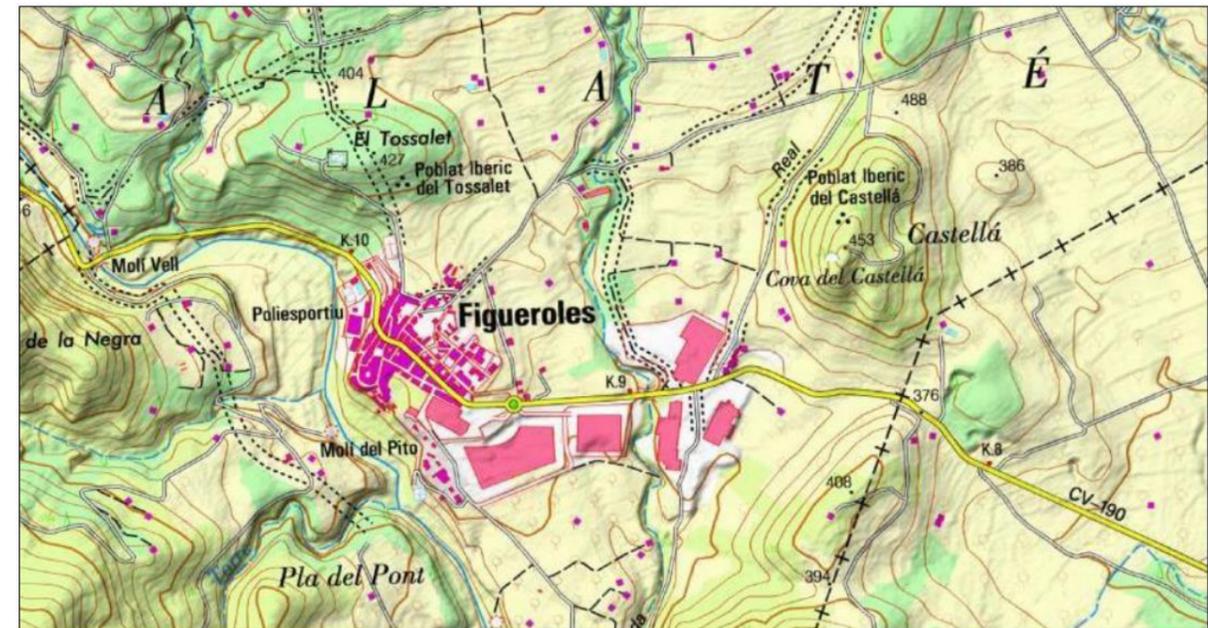


Tabla 1 Mapa topográfico del área de estudio. (Fuente: IGN)

Como el título indica se trata de estudiar las alternativas al trazado de la actual carretera CV-190. Este estudio se justifica en que el trazado existente atraviesa la población de Figuerles. A las molestias que esto supone se añade el peligro de su elevado tráfico de vehículos pesados como consecuencia de la actividad de las industrias azulejeras de la zona.

Para resolver esta situación se ha establecido como objetivo general el estudio de tres alternativas distintas a la variante de la carretera CV-190, denominadas alternativa sur, centro y norte. El objetivo concreto de este documento es estudiar la geología del corredor en su conjunto y, específicamente, de cada una de las tres alternativas planteadas, así como analizar y resolver los problemas geotécnicos que presentan cada una de ellas.

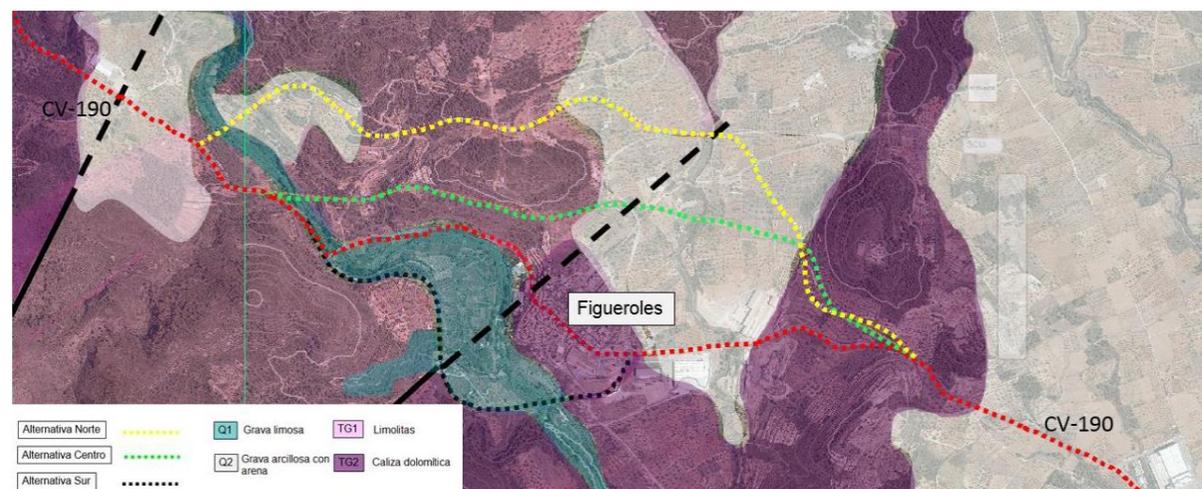


Tabla 2 Alternativas de la CV-190, y el tipo de terreno al que afectan.

La metodología de trabajo empleada ha constado de varias fases. La primera de ellas ha consistido en una recopilación de información exhaustiva sobre la zona de trabajo y sobre los datos básicos del proyecto. La segunda fase ha sido la visita al área en estudio; en total se han realizado tres visitas. La tercera y última fase ha consistido en el análisis de los datos recopilados en las dos fases anteriores y en el establecimiento de las conclusiones y recomendaciones necesarias desde el punto de vista de la ingeniería geotécnica.

Este documento se centra en conocer la litoestratigrafía del entorno y las características geomecánicas de los materiales afectados por las distintas alternativas. Para cada alternativa se ha elaborado un perfil con el inventario de puntos singulares desde el punto de vista geotécnico y se han establecido recomendaciones de actuación en los casos más interesantes.

5.2. Hidrología y drenaje

El estudio hidrológico se ha extendido a las cuencas vertientes a la traza de la variante CV-190 a su paso por Figueroles (Castellón), con el objetivo de estimar los caudales de crecidas en los puntos de desagüe a dicha traza. Estos caudales han sido obtenidos tanto para el cauce principal como para sus afluentes a fin de poder dimensionar y estudiar las obras de drenaje transversal y longitudinal, aplicando diferentes niveles de probabilidad.

Como consecuencia de la falta de aforos directos en la zona de interés, el estudio hidrológico se ha realizado mediante métodos hidrometeorológicos a fin de determinar los caudales de avenida y sus hidrogramas asociados, a partir de valores extremos de precipitación, mediante la simulación del proceso precipitación-escorrentía. En el “Anejo estudio hidrológico y estudio del drenaje” se desarrolla la metodología empleada, desarrollando en dicho anejo, la metodología empleada, la justificación de los valores empleados así como los cálculos realizados. A continuación se muestra una síntesis del trabajo realizado en dicho anejo.

- Caracterización de la cuenca.

La caracterización del sistema se ha realizado con el uso de la información descrita en el “Anejo estudio hidrológico y estudio del drenaje”. Con ello se ha identificado el sistema hidrológico y sus características hidromorfométricas, este sistema se ha dividido, por los motivos mencionados en el anejo, en cuatro subcuencas y tres intercuencas, donde la subcuenca del río Lucena se ha dividido a su vez en otras cuatro subcuencas a fin de modelar pseudodistribuido.

En el sistema hidrológico identificado anteriormente ha sido necesaria la obtención del parámetro de producción de escorrentía, para lo cual ha sido necesario identificar la tipología de suelo según el SCS, identificando la capacidad del uso del suelo y sus características lito-edafológicas. Una vez analizado la tipología de suelo se ha estudiado las cubiertas de suelo existente en la zona. Con estos dos datos se ha obtenido el umbral de escorrentía en cada una de las zonas del sistema hidrológico y mediante una ponderación areal se han alcanzado los valores promedio de cada una de las subcuencas.

- Análisis estadístico.

Este análisis tiene como objetivo obtener los cuantiles de precipitación diaria máxima anual correspondiente a distintos períodos de retorno, para lo cual ha sido necesario el uso de las precipitaciones diarias máximas anuales. A fin de poder realizar este análisis ha sido necesario emplear las series diarias de acumulados de precipitación de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) procedente de 4 estaciones localizadas cada una de ellas al sur, oeste, norte y este del sistema hidrológico por lo que se puede asegurar que se dispone información de todas las vertientes de la cuenca. Siendo las siguientes estaciones las utilizadas: Alcora (sur), Zucaina (oeste), Lucena del Cid (Norte) y Adzaneta (este).

Para la obtención de los cuantiles ha sido necesario realizar ajustes locales a las series de máximos anuales de cada estación con las siguientes funciones de distribución: Gumbel, SQRT-ETmax, GEV, y TCEV, utilizando un ajuste paramétrico de máxima verosimilitud en todas ellas. Como consecuencia del número de estaciones empleadas así como su longitud efectiva, además de que todas las cuencas a excepción de la subcuenca del Lucena están afectadas únicamente por la estación de Alcora, hace innecesario la incorporación del análisis regional.

- Modelo lluvia escorrentía.

En primer lugar y dado las características de la subcuenca del Lucena se ha analizado la modelación más apropiado de transformación lluvia escorrentía, los resultados de dicho análisis son lo suficientemente concluyentes como para proceder a realizar una modelación pseudodistribuida de todo el sistema hidrológico.

Una vez decido el modelo a emplear se deben definir nuevamente los criterios utilizados en la modelación. Estos son por una parte las tormentas de diseño, en este caso teniendo en cuenta que en este caso existen subcuencas con dimensiones



menores a la del Lucena por lo que su discretización temporal también lo debe ser menor. Además se ha incluido el estudio de la humedad antecedente a fin de afinar el umbral de escorrentía obtenido anteriormente. En él se concluye el umbral de escorrentía del sistema debe ser considerando condiciones secas en la zona, según lo estipulado por el SCS. Por último se ha analizado otros criterios como el tiempo de desfase a la punta, su discretización temporal o su parámetro de escorrentía.

Con ello obtenemos los siguientes resultados.

Tabla 3 Hidrogramas de crecida para los diferentes periodos de retorno

• Drenaje.

La construcción de la variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles, produce una interrupción a la propagación de la escorrentía superficial, obligando a estudiar y dimensionar la construcción de obras de drenaje que sean capaces de encauzar la escorrentía superficial producida, además de ser capaces de dar continuidad a los cauces del sistema.. Ambos objetivos deben cumplir su función hidráulica para los periodos de retorno definidos.

Para su dimensionamiento se ha analizado la escorrentía superficial producida sobre la plataforma de la variante así como en el sistema hidrológico. Con estos caudales se ha procedido a dimensionar en régimen estacionario unidimensional todas las obras de drenaje. Complementariamente se ha comprobado el buen funcionamiento de las obras de drenaje transversal para la crecida del río Lucena para periodo de retorno 100 años, cuya confluencia estas aguas abajo de la obra de drenaje.

El dimensionamiento finalmente definido para cada uno de los elementos del drenaje es el siguiente.

Código de elemento	Margen	P.K (Inicio-Fin)	Tipología	Dimensiones	Pendiente	Material
C1MD	Derecha	2+660-3+110	Trapezial	b=0,3 / h=0,4	0,01	Hormigón
C1MI	Izquierda	2+660-3+111	Trapezial	b=0,3 / h=0,4	0,01	Hormigón
C2MD	Derecha	2+280-2+540	Trapezial	b=0,3 / h=0,4	0,02	Hormigón
C2MI	Izquierda	2+280-2+541	Trapezial	b=0,3 / h=0,4	0,02	Hormigón
C3MD	Derecha	2+280-1+529	Trapezial	b=0,2 / h=0,7	0,05	Hormigón
C3MI	Izquierda	2+280-1+530	Trapezial	b=0,2 / h=0,7	0,05	Hormigón
C4MD	Derecha	0+635-1+071	Trapezial	b=0,3 / h=0,4	0,01	Hormigón
C4MI	Izquierda	0+635-1+072	Trapezial	b=0,3 / h=0,4	0,01	Hormigón
C5MD	Derecha	0+635-0+000	Trapezial	b=0,3 / h=0,4	0,05	Hormigón
C5MI	Izquierda	0+635-0+001	Trapezial	b=0,3 / h=0,4	0,05	Hormigón
C6MD	Derecha	1+529-1+071	Trapezial	b=0,3 / h=0,4	0,03	Hormigón
C6MI	Izquierda	1+529-1+072	Trapezial	b=0,3 / h=0,4	0,03	Hormigón
ODT1	Transversal	1+529	Marco	b=2 / h=2	0,002	Hormigón
ODT2	Transversal	1+071	Tubería	D=0,8	0,003	Hormigón

Tabla 4 Características de las obras de drenaje finalmente adoptadas

En el caso de los dos puentes, situados sobre los dos cauces principales, se ha estudiado la capacidad del propio trazado de transportar el caudal producido por la escorrentía superficial de la plataforma, sin la necesidad de construir una cuneta como tal.

5.3. Análisis del tráfico

T10	S.LUCENA	SC1	SC2	IC2-3	SC3	SC4	SC5
Qp (m3)	86.4	0.004	0.5	0.08	3.2	0.07	0.02
V (Hm3)	1.231	0.0000429	0.00366	0.000832	0.0312	0.000778	0.000241
T25	S.LUCENA	SC1	SC2	IC2-3	SC3	SC4	SC5
Qp (m3)	136.2	0.005	0.6	0.09	3.5	0.08	0.03
V (Hm3)	1.847	0.000491	0.00852	0.00371	0.0342	0.000942	0.000287
T100	S.LUCENA	SC1	SC2	IC2-3	SC3	SC4	SC5
Qp (m3)	371.3	0.02	1.4	0.3	7.5	0.3	0.03
V (Hm3)	4.747	0.000117	0.00803	0.00244	0.0650	0.00293	0.000287
T200	S.LUCENA	SC1	SC2	IC2-3	SC3	SC4	SC5
Qp (m3)	577.6	0.03	2.0	0.4	9.9	0.4	0.2
V (Hm3)	7.177	0.000159	0.0104	0.0107	0.0827	0.0153	0.119
T500	S.LUCENA	SC1	SC2	IC2-3	SC3	SC4	SC5
Qp (m3)	876.6	0.04	2.8	0.6	13.5	0.6	0.3
V (Hm3)	10.689	0.000223	0.0137	0.00477	0.108	0.00631	0.00173

En el Anejo 3 Análisis del tráfico se ha llevado a cabo un estudio en detalle de las intensidades de vehículos de la zona tratada y de los flujos de tráfico que se verían afectados en caso de llevarse a término la actuación propuesta en el presente trabajo. Todo ello prestando especial atención al porcentaje de pesados por tratarse de una zona con una industria azulejera notable dispersa en varias zonas industriales en el entorno del municipio de Figueroles. A su vez, se han analizado los volúmenes de tráfico que circularían por la futura variante en los diferentes años clave, año de puesta en servicio (2020) y año horizonte (2040).

CÁLCULO DE LA IMD

Primeramente, para el correcto desarrollo del proyecto ha sido necesaria una visita de campo con su correspondiente aforo manual durante 6 horas de un día laborable. Dicho aforo posee las particularidades de constar con dos puestos de toma de datos diferentes, uno al este y otro al oeste del municipio, y además, el hecho de haberse anotado las matrículas de los vehículos a fin de conocer el porcentaje de estos que únicamente atravesaban el tramo urbano sin detenerse, pues este sería el porcentaje aproximado de los usuarios de la futura variante. Partiendo de esto y de los datos proporcionados por la estación afín determinada, CV-190-020, se ha obtenido tras aplicar una serie de reglas de tres los valores correspondientes a la IMD del tramo de la travesía en la actualidad, 2441



veh/día, destacar que este valor es el promedio entre los datos obtenidos en el aforo este y el oeste y de igual modo se ha procedido en los casos donde se presentará una disparidad de valores a causa del modelo de toma de datos. Así pues, en la misma situación pero para el determinado como año de puesta en servicio, la variante poseería una IMD de 2614 veh/día, mientras que en 2040 alcanzaría los 3479 veh/día de intensidad media diaria, el porcentaje de pesados correspondiente es de un 14,3%. Del total de vehículos, tras analizar los datos recogidos en el día concreto de la visita de campo, se ha estimado que el porcentaje que usarían la variante en caso de llevarse a cabo sería de un 70%, variando ligeramente en función del punto de aforo y sentido tomado.

Consecuentemente, en caso de ejecutarse la variante el tráfico que circularía por la travesía sería de 742 veh/día y 987 veh/día en el año 2020 y 2040, respectivamente, con un porcentaje de pesados que no alcanza el 10%. En cuanto a la nueva carretera, los valores obtenidos son una IMD de 1872 veh/día para su puesta en servicio y de 2491 veh/día en el año horizonte, el porcentaje de pesados en este caso supera el 15%. Toda la información relatada y a un grado de detalle mayor en cuanto a los diferentes flujos de tráfico se muestra en la Fig. 2.

Por último remarcar que para realizar la prognosis del tráfico en los diferentes años analizados se han empleados los coeficientes de incremento de tráfico publicados en el BOE núm.311 de 2010.

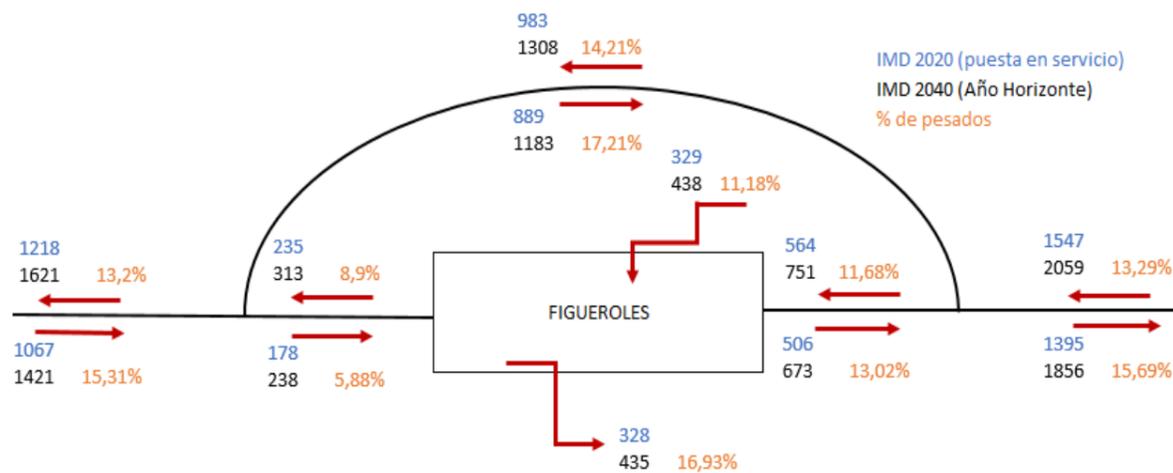


Fig. 2 Esquema de los flujos de tráfico, años 2020 y 2040, tras la puesta en servicio de la nueva carretera. Fuente: elaboración propia, Anejo X Estudio de seguridad vial.

ESTUDIO DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

Una vez conocidas las diferentes intensidades de tráfico según la situación valorada, se ha procedido a analizar la capacidad y nivel de servicio de la variante en los diferentes casos considerados para la obtención de la IMD y, a su vez, a comparar éstos con los resultantes en la variante según se lleve a cabo o no la actuación y el periodo de tiempo concreto, estos últimos datos se corresponden con el Anejo X Situación actual. En ambos

casos se ha seguido la metodología expuesta en el Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010).

Así pues, mientras que el nivel de servicio en la variante, clasificada como clase III según el criterio del HCM 2010, en la actualidad es de __, el obtenido el año horizonte es __. En ambos casos la capacidad es de __.

Por otro lado, los cálculos referentes a este tema realizados en el anejo presentado han proporcionado como resultados un nivel de servicio B para la variante desde su puesta en servicio hasta el año horizonte, y una capacidad de 1700 veh/día. Ésta se ha determinado como clase II siguiendo los criterios del HCM 2010.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Por último, para finalizar este anejo se ha llevado a cabo un análisis de sensibilidad, también conocido como análisis de Montecarlo, con el fin de asegurar en la medida de lo posible que los resultados obtenidos son fiables.

Concretamente, se ha centrado el estudio en la consideración de la variable porcentaje de vehículos que serían usuarios de la variante y la incertidumbre inherente al valor que se le atribuya. Se habla de incertidumbre porque todos los resultados obtenidos a lo largo del anejo se basan en un aforo manual realizado un día concreto durante 6 horas, los datos arrojados de dicho aforo muy seguramente habrían sido diferentes de haber realizado la visita de campo cualquier otro día, la clave radica en conocer como de distintos podrían haber sido y como esa variabilidad afecta a los resultados obtenidos.

El análisis realizado mediante una hoja de cálculo programada se ha basado, pues, en la consideración de la variable porcentaje de vehículos que utilizarían la variante por sentido asumiendo para esta una distribución normal, con su correspondiente media y desviación típica determinada a raíz de los datos manejados, Tabla 5. Para ambos sentidos se han realizado 10.000 iteraciones de manera aleatoria que han arrojado los correspondientes porcentajes de tráfico dentro de un intervalo $[-2\sigma, 2\sigma]$, es decir, contemplando un 95% de los casos. A partir de éstos se ha calculado el nivel de servicio para cada pareja de valores, uno por sentido siendo los resultados finales niveles en su mayoría A-B o B-B. Una vez observados esos valores se ha podido afirmar que los resultados obtenidos a raíz del aforo manual realizado son coherentes y realistas.

	SENTIDO CRECIENTE	SENTIDO DECRECIENTE
Media	72,13	73,45
σ	12	12

Tabla 5 Media y desviación típica asumidas para cada sentido de circulación en la variante. Fuente: elaboración propia, Anejo X Análisis del tráfico.



5.4. Diseño geométrico

La carretera que actualmente transcurre por el interior del municipio es angosta y de difícil tránsito para vehículos pesados. La nueva variante que bordeará el municipio de Figueroles tratará de eliminar la gran cantidad de tráfico pesado que atraviesa el municipio, ofreciendo mayor seguridad y comodidad a los usuarios.

Es de vital importancia destacar que el nuevo trazado, que ha sido diseñado conforme a la Instrucción 3.1-IC del Ministerio de Fomento, cumple con todas las exigencias de la normativa.

La vía procura ir lo más paralela posible a las líneas de nivel del terreno para evitar tener que hacer grandes movimientos de tierra. Ésta queda al norte del municipio de Figueroles, entre la montaña de “El Tossalet” y el cementerio municipal.

Durante toda su longitud se ha tenido en cuenta la afección a yacimientos, espacios protegidos, edificios, vías pecuarias, etc., tratando de minimizar el impacto que la construcción del nuevo vial ocasionaría. Asimismo, la carretera tiene que salvar un par de barrancos y el río Lucena, con las estructuras necesarias para ello.

En resumen, la nueva variante a su paso por el municipio de Figueroles tiene una longitud de 3.420,38 metros. Es una carretera convencional de dos carriles, uno para cada sentido de circulación, en la que se ha establecido como velocidad de proyecto 60km/h. En cuanto a sus características de su sección transversal, son las siguientes:

- Carril: 3,5 metros.
- Arcén: 1 metro.
- Berma: pavimentada de 0,75 metros.

Además, en las zonas que sean necesaria, se colocará una cuneta trapecial a continuación de la berma.

Finalmente, con su construcción se pretende absorber la gran cantidad de tráfico pesado que soporta la zona como consecuencia de su gran industria azulejera.

5.5. Diseño de los nudos

Para el diseño de los nudos, se trata de hacer un análisis riguroso de la problemática de las uniones entre el nuevo y el antiguo trazado de la CV-190, así como de esta carretera con los caminos aledaños.

Para este propósito, se han considerado una serie de condicionantes. Estos, mayormente han sido orográficos. El relieve en el nudo oeste es mucho menos generoso que en el nudo este. Ello queda de manifiesto en los listados de alineaciones y estados de rasantes. Estas

limitaciones afectarán decisivamente en cuanto a la elección de la solución para cada uno de los emplazamientos.

Esta elección, no obstante, ha sido multicriterio. Se ha realizado una encuesta al alumnado de la ETSICCP de Valencia para definir los pesos para los parámetros de Funcionalidad (se ha estudiado muy en profundidad la funcionalidad del nudo tipo glorieta y tipo intersección.), Seguridad Vial, Economía e Impacto Ambiental. Cada una de las alternativas planteadas para cada nudo ha optado a una valoración diferenciada de las demás, de acuerdo a los pesos obtenidos y los parámetros analizados. A partir de los resultados de este análisis se concluye la conveniencia de disponer intersecciones en T ortogonales en ambos nudos.

Por capacidad no era preciso disponer de carriles de aceleración o deceleración, pero sí se ha creído conveniente proyectar cuñas de velocidad. En este sentido, el carril de espera sí era necesario para el movimiento de giro a izquierdas desde la vía principal a la secundaria. Una disposición geométrica similar se ha tenido en cuenta para el nudo este.

Respecto al cumplimiento de los parámetros de Seguridad Vial, hay grandes diferencias entre ambas alternativas. Mientras en la intersección este no hay problemas en visibilidad de giro a izquierda desde vía secundaria, sí los hay en el oeste (donde el emplazamiento encajado en la montaña ha obligado a disponer medidas paliativas). Además, también hay grandes diferencias en cuanto al cumplimiento parámetros como la inclinación de las rasantes.

También se ha considerado conveniente analizar las posibilidades de giro de un vehículo articulado tipo, como posible factor limitante para el diseño geométrico de elementos de las intersecciones.

Por otra parte, también se han analizado de forma complementaria los desvíos de tráfico, afecciones y reposición de servicios. Entre el nudo oeste y el nudo este se ha tratado de minimizar las interacciones entre la nueva CV-190 y los caminos que cortan su traza, reagrupándolos. Así, se ha considerado la disposición de dos nuevas intersecciones, de caminos de importancia muy menor. Por lo que respecta a los servicios, la afección es mínima, localizándose la nueva carretera en un entorno rural poco poblado.

5.6. Desvíos de tráfico, afecciones y reposición de servicios

El propósito del análisis de los desvíos del tráfico, las afecciones y la reposición de servicios es establecer las mejores condiciones posibles para que las obras de construcción de la nueva carretera y sus intersecciones ocasionen el menor perjuicio a los conductores de la zona.

Téngase en cuenta que el tráfico que circula por la CV-190 y por las tres vías pecuarias no puede interrumpirse. Esto es un factor limitante a la hora de plantear los desvíos de tráfico.



Entre el nudo oeste y el nudo este se ha tratado de minimizar las interacciones entre la nueva CV-190 y los caminos que cortan su traza, reagrupándolos. Así, se ha considerado la disposición de dos nuevas intersecciones, de caminos de importancia muy menor. Por lo que respecta a los servicios, la afección es mínima, localizándose la nueva carretera en un entorno rural poco poblado.

5.7. Estudio de Seguridad Vial

La elaboración de este anejo se ha llevado a cabo con el objetivo último de alcanzar en la nueva carretera un grado de seguridad lo más óptimo posible dentro de los límites técnicos, físicos y económicos existentes.

LA SEGURIDAD VIAL EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO

Durante el diseño del nuevo trazado se ha seguido un proceso iterativo y de retroalimentación entre las partes de trazado y seguridad vial, por lo que respecta al presente anejo, sin olvidar el resto de interacciones con las diferentes disciplinas. Además del cumplimiento de la Instrucción de carreteras española se ha buscado alcanzar un diseño consistente a través de la aplicación de diferentes criterios de consistencia local y global basados en la velocidad de operación, aquella a la que circulan el percentil 85 de los conductores. El proceso iterativo seguido ha consistido a grandes rasgos en los siguientes pasos:

1. Diseño del trazado.
2. Desarrollo del perfil de velocidad de operación.
3. Estudio de la consistencia local y global.
4. Rediseño en caso de ser necesario

Perfil de velocidad de operación y consistencia

En cada una de las iteraciones valoradas, cinco en concreto, se ha procedido en primer lugar a elaborar un perfil de velocidad operación de cada sentido de la variante, partiendo de las velocidades de las rectas y curvas obtenidas según las expresiones propuestas por Pérez-Zuriaga et al. (2010), y las tasas de aceleración y deceleración determinadas por Pérez-Zuriaga et al. (2010) y Camacho-Torregrosa (2011), respectivamente. Todas estas formulaciones empíricas han sido calibradas tomando como base la red viaria de la Comunidad Valenciana. Una vez desarrollados los perfiles de operación se ha procedido a analizar en detalle la consistencia local según los criterios I y II de Lamm et al. (1999) y la global a partir del Metodo Camacho-Torregrosa et al. (2013,2014). Finalmente se han conseguido unos niveles de consistencia buena ya que no existe una disparidad notable entre el conjunto de velocidades de operación del tramo ni entre elementos consecutivos. Es necesario remarcar la existencia de consistencia aceptable en los puntos inicial y final

del trazado a raíz de un problema ya existente en la carretera actual y que se ha intentado minorar con la instalación de moderadores de tráfico y la señalización correspondiente.

Análisis de visibilidad de parada

Una vez conseguido un diseño consistente en su conjunto, se ha procedido a evaluar la distancia de parada disponible metro a metro a lo largo de la traza de la carretera siguiendo lo estipulado en la Norma 3.1-IC de trazado y mediante el programa AutoCAD Civil3D. La obtenida se ha comparado tanto con la distancia de parada calculada con la formulación propuesta en la normativa citada como con la obtenida empleando la misma fórmula anterior pero sustituyendo la velocidad de proyecto constante en todo el tramo por velocidad de operación en cada punto en lugar. Ésta última aporta unos resultados más reales de la distancia de parada requerida por el conductor ya que varía en función la velocidad que desarrolle en cada punto.

Tras un primer análisis con puntos ciegos, se ha procedido al despeje de ciertos intervalos de desmonte con el fin de conseguir una visibilidad de parada superior a la distancia requerida en todos los puntos del nuevo trazado, consiguiendo por tanto un mayor nivel de seguridad vial.

Estimación del número de accidentes

En este caso, se ha partido de los datos reales de accidentes entre los P.K. 8+000 y 11+500 de la actual CV-190 proporcionados por la *Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient* en el intervalo de tiempo de 10 años comprendidos entre 2001 y 2011, la cifra asciende a 12 accidentes con víctimas. Los cuales se han extrapolado a los intervalos 2020-2030 y 2030-2040 para poder compararlos con los estimados en la variante para su puesta en servicio más diez años y el año horizonte menos diez años. De este modo, los accidentes estimados en la travesía se han obtenido a partir de reglas de tres considerando la IMD media de cada intervalo y los datos reales conocidos, mientras que en la variante al ser tramo completamente interurbano y delimitado por intersecciones se ha podido emplear una Safety Performance Function (SPF) calibrada por Camacho-Torregrosa et al. (2013). Así pues al ejecutarse la variante se estima alcanzar una reducción del número de accidentes en la travesía de en torno a un 75%. Los datos arrojados por la SPF en la variante, estiman un número de accidentes que no alcanza la unidad. Todos estos valores reflejan la amplia mejora en seguridad que aporta la actuación al entorno tratado.

Análisis de los márgenes de la carretera

Con el fin de reducir aún más dichos accidentes o en su defecto minorar la gravedad se ha realizado un análisis de los márgenes de carretera que ha concluido a grandes rasgos, con la instalación de barreras de seguridad en tramos concretos por el riesgo que entrañaban y la protección de los pasos salvacunetas existentes.

Implantación de moderadores del tráfico

En cuanto a los moderadores de tráfico, se ha decidido la instalación de ciertos dispositivos en puntos donde no se ha alcanzado la consistencia deseada por un problema ya existente en el actual trazado o bien donde se requiere alertar a los conductores de la presencia de algún elemento que requiere un mayor grado de atención, como es el caso de las intersecciones.

5.8. Señalización, balizamiento y defensas

Con la señalización de la nueva variante se pretende conseguir el objetivo de aumentar la seguridad, la comodidad y la eficacia de la circulación, así como facilitar la orientación de los conductores. Para conseguirlo, se ha hecho conforme a una serie de principios a la hora de establecer la señalización, como son la claridad, la sencillez, la uniformidad y la continuidad.

5.9. Firmes

En la tarea de determinar el firme que se empleará, se hace un estudio comparativo de soluciones con las distintas posibilidades. Para su elección se ha empleado la Norma 6.1-IC del Ministerio de Fomento.

Según el aforo manual realizado el 27 de enero de 2015, la distribución de tráfico por sentido de circulación es de 47,47% / 52,63%. Por lo tanto, teniendo en cuenta que la IMDP para el año de puesta en servicio del carril de proyecto es de 205 veh. pesados/día, se establece una categoría de tráfico T2.

A la hora de establecer la explanada, se tiene en cuenta los tipos de materiales presentes en la traza. En la Fig. 3 y Fig. 4 se muestran las soluciones adoptadas:



Fig. 3 Explanada en Cuaternario.

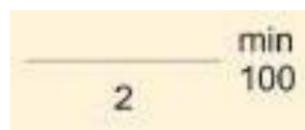


Fig. 4 Explanada en roca.

Para ambos casos el tipo de explanada es E2. En roca también ya que en las zonas en las que se discurría a media ladera, en las zonas de relleno no se podía asegurar la misma estabilidad que ofrecía la roca.

El paquete de firme establecido en los carriles para la totalidad de la variante es el mostrado en la Fig. 5:



Fig. 5 Firme adoptado.

En cuanto al firme en los arcenes, se dispone del mismo espesor de capa de rodadura que en carriles, que es de 5 cm. El resto se rellena con zahorra artificial hasta alcanzar la explanada.

5.10. Movimientos de tierras

El movimiento de tierras supone una gran parte del presupuesto de una obra, por lo que se ha intentado minimizar al máximo. Para ello se ha querido ir lo más paralelo posible al terreno. Resultado de la realización de la obra, los volúmenes resultantes son los siguientes:

- Volumen de desmonte: 57.255,50m³
- Volumen de terraplén: 203.175,43m³

Es necesario la aportación de materiales, por lo que se ha elegido la planta de Áridos Monfort, situada en el municipio de Mas de Flors.

Asimismo, se ha debido establecer un vertedero autorizado para los materiales sobrantes, que ha sido el de Áridos Mijares, en la localidad de Onda.

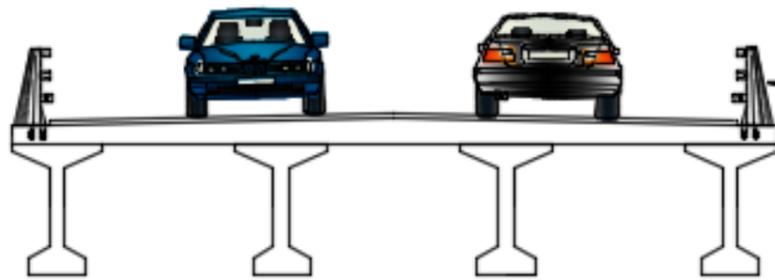
5.11. Cálculo estructural

Como se puede observar en el capítulo de trazado, ha sido necesaria la construcción de dos puentes para salvar el río Lucena (puente 2) y el barranco (puente 1).

Las soluciones propuestas consisten en un puente de 522 metros (puente 2) de longitud, dividido en 4 vanos isostáticos de 28,1 metros y 12 de 34,1 metros, mientras que el puente 1 mide 48 metros (2 vanos de 24), diseñados según IAP-11 que nos permite evaluar las distintas acciones a considerar en proyectos de puentes de carretera. El gálibo del mismo varía debido a la morfología del terreno. El puente 1 abarca desde el P.K 1+325 al P.K 1+373, mientras que el puente 2 abarca desde el P.K 2+472 al P.K 2+994.

Los tableros de los puentes se han planteado como una solución semicontinua, compuesta por vigas prefabricadas en doble T (1.70 metros de canto) con losa de hormigón armado continua ejecutada in situ (0,25 metros).

El canto de la sección es constante en toda la longitud del puente, de espesor 1.95 metros, compuesto por losa de hormigón y las vigas prefabricadas en doble T.



La longitud total del puente 2 se ha dividido en cuatro tramos con esta tipología de tablero, divididos mediante tres juntas de dilatación dispuestas al final de los vanos 4, 8 y 12 en sentido ascendente de P.K.s, definiendo un tramo de 112,4 metros y tres de 136,4 metros.

Los tableros presentan un ancho total de 10 metros según normativa (3.1 IC), a excepción de la zona de la curva, en el puente 2, donde para acomodar ésta se aumenta a 10,5 metros. Dicho tablero se divide en dos carriles (uno por sentido) de 3,5 metros cada uno, para una velocidad de proyecto 60 Km/h, dos arcones de un metro cada uno y un sobre ancho de medio metro por cada lado sin pavimentar, cuya función es albergar los pretilos (PMC2/10d).

Dichos tableros presentan 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, esto es así con la excepción de la zona de la curva, donde el peralte asciende a un 7%.

Las pilas se dividen en dos partes: dintel y fuste.

El dintel en forma de martillo está en contacto directo con el tablero a través de los neoprenos donde apoyan las vigas, por lo que tendrá un ancho igual al del tablero en la parte superior e irá descendiendo linealmente esta anchura hasta coincidir con el ancho del fuste.

El fuste se encarga de conectar el tablero con la cimentación y transmitir las cargas. Se plantea un fuste rectangular (4 x 1,5 metros), están compuestas por un bloque monolítico de hormigón armado, con geometrías hidrodinámicas para darles capacidad hidráulica suficiente al posible paso del agua.

Las alturas de las pilas del puente 2 oscilan entre 2,29 y 26,75 metros y transmiten las cargas recibidas del tablero al terreno mediante cimentaciones superficiales de tipo zapata aislada de 8x8 y 6x6 metros permitiendo cumplir las limitaciones de tensión admisible definidas en el anejo geotécnico.

Del mismo modo, la pila del puente 1 mide 4,9 metros y su zapata es de 6x6.

La entrega de los tableros a las pilas se materializa mediante neopreno zunchado sobre el dintel de las pilas.

El puente se apoya en sus extremos sobre los estribos mediante apoyos de neopreno zunchado.

Los estribos que constituyen los soportes del extremo del puente son de tipo cerrado con aletas ortogonales.

5.12. Diseño hidráulico de las obras de ingeniería fluvial para la protección del puente sobre el río Lucena

Valor El análisis de la situación natural con la posterior implantación del puente de la Alternativa Centro, aconseja la realización de varias actuaciones para corregir las zonas con mayor peligro desde el punto de vista hidráulico-sedimentológico.

Se ha profundizado en el análisis de la situación actual mediante la modelación del tramo de estudio con la geometría del puente proyectado para la Alternativa Centro. Utilizando el programa de cálculo Hec-Ras se ha estimado la erosión potencial en la zona más desfavorable y susceptible de soportar mayores tensiones tangenciales, las pilas. En la Fig. 6 se muestra la representación esquemática final aguas arriba y aguas abajo del puente.

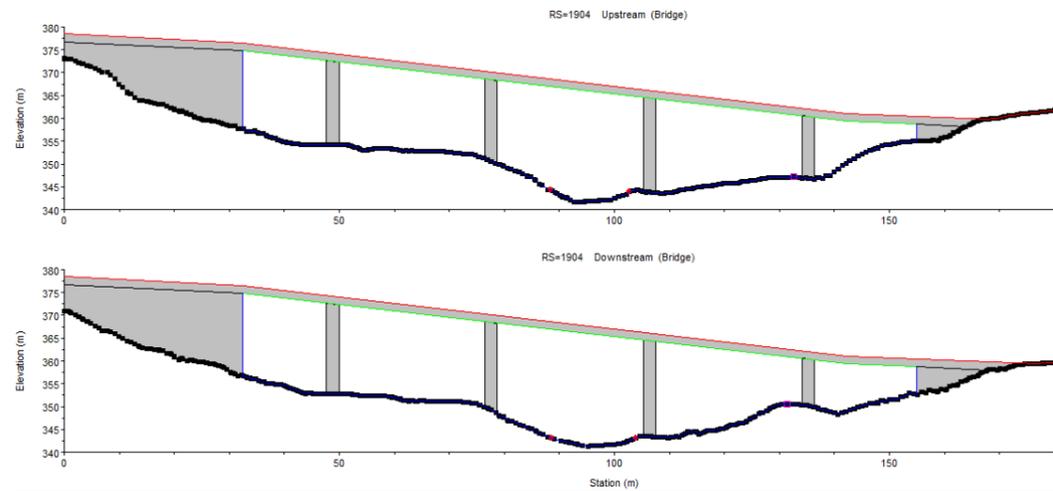


Fig. 6 Puente de la Alternativa Centro esquematizado.

Se ha comprobado que para la avenida de 100 años, Fig. 7, la sección de paso en el cauce del río Lucena bajo la estructura tiene capacidad hidráulica suficiente para que no desborde en ningún tramo de la zona estudiada.

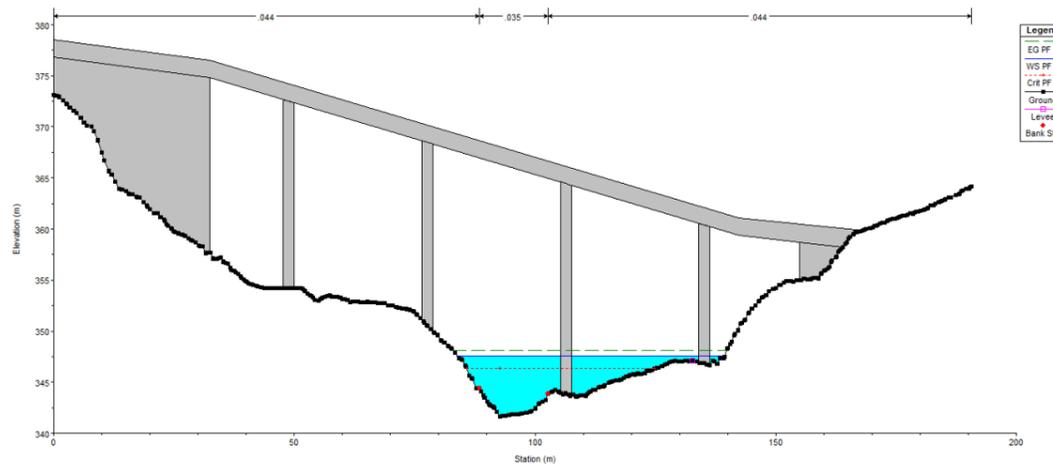


Fig. 7 Sección aguas arriba del puente para periodo de retorno de 100 años.

En cambio para la avenida de 500 años, una vez hecha la comprobación frente a la socavación de las pilas y estribos, como se muestra en la Fig. 8 y Fig. 9, resulta imprescindible estudiar y diseñar medidas de protección para minimizar el impacto producido por el fallo de las cimentaciones de las mismas.

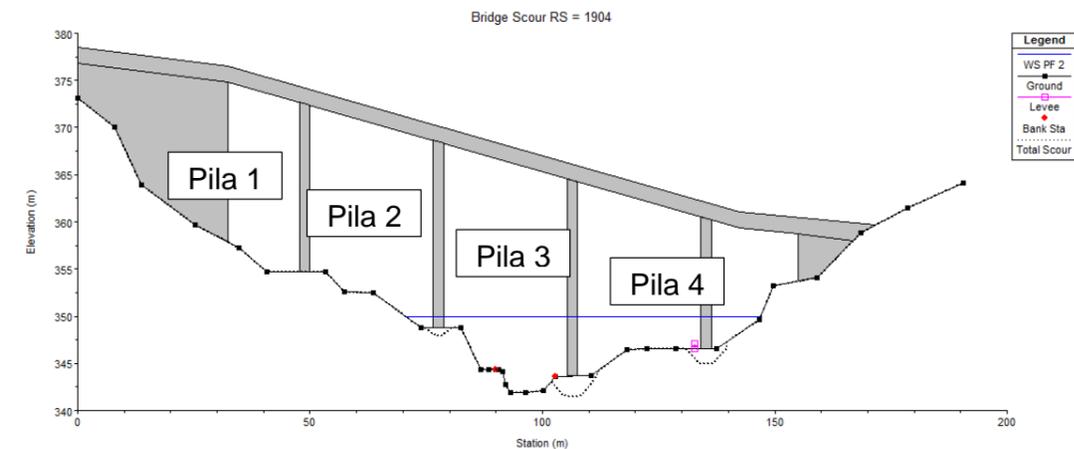


Fig. 8 Socavación.

Contraction Scour

Pier Scour

#1 (CL = 48.8)	Ys (m):	Not computed
#2 (CL = 77.6)	Ys (m):	0.87
#3 (CL = 106.4)	Ys (m):	2.17
#4 (CL = 135.2)	Ys (m):	1.63

Fig. 9 Valores de socavación en cada pila.

Por lo tanto será necesario el diseño de actuaciones de protección tanto para las pilas como para el lecho del río. Se decide la realizar tres tipos de actuación de ingeniería fluvial:

- Actuación de Regulación del Cauce.

En esta actuación se regularizará tanto el lecho de la sección transversal como la pendiente longitudinal ($I=0.01$) del mismo creando las adecuadas zonas de transición y condiciones de flujo desde las secciones naturales al tramo que se desea proteger y desde éste nuevamente al cauce natural.

- Actuación bajo el Puente de la Alternativa Centro.

En esta actuación se protegerá tanto el lecho como las pilas frente a la erosión generalizada y la local por la socavación en pilas. La actuación consiste en la colocación de protección local de $D_{50}=1.30$ m alrededor de las pilas del puente y protección general del cauce, de diámetro $D_{50}=0.2$ m, entorno a la estructura.

- Actuación en el entorno de influencia inmediata, en la zona de aguas arriba y aguas abajo, envolventes de la actuación anterior.

En esta actuación se establecerá una zona con una estabilidad y rugosidad suficientes para que se resistan las tensiones tangenciales generadas por el paso del flujo, para ello se



protegerá tanto aguas arriba como aguas abajo, en una extensión total de 50 metros, el cauce con escollera de diámetro $D_{50}=0.2$ m.

Con el conjunto de actividades propuestas se garantiza la capacidad hidráulica de la sección y erosión al paso por la estructura, con una solución técnica y económicamente viable. El presupuesto estimado de dichas actuaciones es de 231620.35 €.

6. VALORACIÓN DE LA SOLUCIÓN

La valoración de la construcción de la variante centro de la carretera CV-190, viene resumida en la siguiente tabla.

Capítulo	Resumen	Euros	%
1	Movimiento de tierras y demoliciones	1,308,377.61	23.4
2	Firmes y pavimentos	1,103,708.99	19.74
3	Obras hidráulicas	164,269.49	2.94
4	Estructuras	2,890,336.23	51.68
5	Señalización y balizamiento	65.656.94	1.17
6	Varios	60,000	1.07

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	5,592,349.26
--	--------------

13% Gastos generales	727,005.40
6% Beneficio industrial	335,540.96
SUMA GG y BI	1,062,546.36

21% I.V.A	1,397,528.08
-----------	--------------

PRESUPUESTO DE LIQUIDACIÓN	8,052,423.70
-----------------------------------	---------------------

Tabla 6 Valoración de la solución.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



ANEJOS

CONCURSO PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE CV-190 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE FIGUEROLES (PROVINCIA DE CASTELLÓN).
ALTERNATIVA CENTRO



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



ANEJO Nº4

ANÁLISIS DEL TRÁFICO

CONCURSO PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE CV-190 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE FIGUEROLES (PROVINCIA DE CASTELLÓN).
ALTERNATIVA CENTRO



ANEJO 4: ANÁLISIS DEL TRÁFICO

ÍNDICE

1. OBJETO.....	5
2. ESTUDIO DEL TRÁFICO	5
2.1. Zona de influencia.....	5
2.2. Toma de datos	5
2.3. Determinación de la estación afín.....	7
2.4. Obtención de la IMD	9
2.4.1. Sin variante.....	9
2.4.1.1. Actualidad (2015)	9
2.4.1.2. Año de puesta en servicio (2020) y año horizonte(2040)	9
2.4.2. Con variante	10
2.4.2.1. Travesía	10
2.4.2.2. Variante. Año de puesta en servicio (2020)	10
2.4.2.3. Variante. Año horizonte(2040)	10
2.4.3. Flujos de tráfico	11
3. ESTUDIO DE LA CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO	11
3.1. Capacidad.....	11
3.1.1. Sin variante.....	12
3.1.2. Con variante	12
3.1.2.1. Año horizonte(2040).....	12
3.2. Nivel de servicio	12
3.2.1. Metodología para el cálculo del NS	13
3.2.2. Sin variante.....	15
3.2.2.1. Actualidad (2015)	15



3.2.2.2. Año horizonte(2040)	15
3.2.3. Con variante	15
3.2.3.1. Año horizonte(2040)	15
3.3. Análisis de sensibilidad	16

APÉNDICE I- DATOS ESTACIÓN AFORO AFÍN

APÉNDICE II- TABLAS PARA EL CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

APÉNDICE III- EVOLUCIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA VARIANTE

APÉNDICE IV- NIVELES DE SERVICIO EN LA TRAVESÍA



ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Vista aérea de la zona de influencia de la alternativa centro. Fuente: Google Earth. 5
 Fig. 2 Vista aérea de los puestos de aforo manual. Fuente: Google Earth. 5
 Fig. 3 Vista detallada del puesto de aforo este (sentido de la vista este-oeste). Fuente: Street View..... 6
 Fig. 4 Vista detallada del puesto de aforo oeste (sentido de la vista oeste-este). Fuente: Street View. 6
 Fig. 5 Croquis de la alternativa centro, diferenciando las zonas urbanas de las industriales más próximas a Figueroles. Fuente: elaboración propia. 6
 Fig. 6 Flujos de tráfico observados en el aforo manual. Fuente: elaboración propia..... 7
 Fig. 7 Detalle del Mapa de Tráfico de 2013 en el entorno de Figueroles. Fuente: CITMA. . 7
 Fig. 8 Resumen de datos básicos de la estación de aforo 190020. Fuente: CITMA. 7
 Fig. 9 Evolución del tráfico aforado manualmente y del de la estación afín. Fuente: elaboración propia. 8
 Fig. 10 Gráficos de la evolución del tráfico de la futura variante. Fuente: elaboración propia. 8
 Fig. 11 Coeficientes a aplicar para incrementos del tráfico. Fuente: BOE núm.311..... 9
 Fig. 12 Esquema de los flujos de tráfico, años 2020 y 2040. Fuente: elaboración propia. 11
 Fig. 13 Representación de los niveles de servicio obtenidos en el análisis de sensibilidad. Fuente: elaboración propia..... 17
 Fig. 14 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto oeste de aforo manual, sentido creciente. Página 1 de 5. Fuente: elaboración grupal. 19
 Fig. 15 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto oeste de aforo manual, sentido decreciente. Página 2 de 5. Fuente: elaboración grupal. 19
 Fig. 16 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto oeste de aforo manual, sentido decreciente. Página 3 de 5. Fuente: elaboración grupal. 20
 Fig. 17 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto oeste de aforo manual, sentido decreciente. Página 4 de 5. Fuente: elaboración grupal. 20
 Fig. 18 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto oeste de aforo manual, sentido decreciente. Página 5 de 5. Fuente: elaboración grupal. 21
 Fig. 19 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto este del aforo manual, sentido decreciente. Página 1 de 7. Fuente: elaboración grupal. 21
 Fig. 20 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto este del aforo manual, sentido decreciente. Página 2 de 7. Fuente: elaboración grupal. 22
 Fig. 21 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto este del aforo manual, sentido decreciente. Página 3 de 7. Fuente: elaboración grupal. 22
 Fig. 22 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto este del aforo manual, sentido decreciente. Página 4 de 7. Fuente: elaboración grupal. 23

Fig. 23 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto este del aforo manual, sentido decreciente. Página 5 de 7. Fuente: elaboración grupal. 23
 Fig. 24 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto este del aforo manual, sentido decreciente. Página 6 de 7. Fuente: elaboración grupal. 24
 Fig. 25 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto este del aforo manual, sentido decreciente. Página 7 de 7. Fuente: elaboración grupal. 24
 Fig. 26 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto oeste de aforo manual, sentido decreciente. Página 1 de 4. Fuente: elaboración grupal. 25
 Fig. 27 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto oeste de aforo manual, sentido decreciente. Página 2 de 4. Fuente: elaboración grupal. 25
 Fig. 28 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto oeste de aforo manual, sentido decreciente. Página 3 de 4. Fuente: elaboración grupal. 26
 Fig. 29 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto oeste de aforo manual, sentido decreciente. Página 4 de 4. Fuente: elaboración grupal. 26



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen del cálculo de la IMD y la IMD_{pesados} actual. Fuente: elaboración propia.9

Tabla 2 IMD e IMDp calculadas para la puesta en servicio y el año horizontes. Fuente: elaboración propia..... 10

Tabla 3 Porcentaje de tráfico que se desvía por la variante. Fuente: elaboración propia. 10

Tabla 4 Intensidades de vehículos que continuarán circulando por la travesía. Fuente: elaboración propia..... 10

Tabla 5 Estimación de la IMD y la IMDp de la variante en 2020. Fuente: elaboración propia..... 10

Tabla 6 Estimación de la IMD y la IMDp para 2040. Fuente: elaboración propia..... 10

Tabla 7 Capacidad y datos empleados para su cálculo. Fuente: elaboración propia..... 12

Tabla 8 Clasificación de las vías según NS. Fuente: elaboración propia a partir del HCM 2010..... 13

Tabla 9 Niveles de servicio de la travesía en la actualidad. Fuente: *Anejo 3 Análisis de Situación Actual y Propuesta de Mejoras*..... 15

Tabla 10 Datos de partida, parámetros empleados y pasos seguidos para el cálculo del NS. Fuente: elaboración propia..... 16

Tabla 11 Media y desviación típica asignadas a la distribución normal de la variable porcentaje de vehículos por la variante. Fuente: elaboración propia..... 16

Tabla 12 Factor equivalencia de pesados para determinar la velocidad en flujo libre. Fuente: elaboración propia a partir del HCM 2010..... 28

Tabla 13 Factor de sección transversal para determinar la velocidad en flujo libre. Fuente: elaboración propia a partir del HCM 2010..... 28

Tabla 14 Factor de densidad de accesos para determinar la velocidad en flujo libre. Fuente: elaboración propia a partir del HCM 2010..... 28

Tabla 15 Factor de pendiente para determinar el % de tiempo en cola. Fuente elaboración propia a partir del HCM 2010..... 28

Tabla 16 Factor equivalencia de pesados para determinar el % de tiempo en cola. Fuente: elaboración propia a partir del HCM 2010..... 29

Tabla 17 Coeficientes a y b para determinar el % de tiempo en cola. Fuente: elaboración propia a partir del HCM 2010..... 29

Tabla 18 $F_{NA,TC}$ para determinar el % de tiempo en cola. Fuente: elaboración propia a partir del HCM 2010..... 29

Tabla 19 Evolución del nivel de servicio de la variante desde su puesta en servicio hasta el año horizonte. Fuente: elaboración propia..... 32

Tabla 20 Cálculo del nivel de servicio del tramo este, clase II. Fuente: *Anejo 3 Análisis de Situación Actual y Propuesta de Mejoras*..... 34

Tabla 21 Cálculo del nivel de servicio del tramo oeste, clase II. Fuente: *Anejo 3 Análisis de Situación Actual y Propuesta de Mejoras*..... 34

Tabla 22 Cálculo del nivel de servicio del tramo urbano, clase III. Fuente: *Anejo 3 Análisis de Situación Actual y Propuesta de Mejoras*..... 35

1. OBJETO

El principal objetivo de este anejo es analizar el tráfico y la afección que supondría la ejecución de la circunvalación de la CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles, concretamente del trazado correspondiente a la alternativa centro. Razón por la cual se ha tenido en cuenta la situación con o sin variante en diferentes periodos; actualidad, puesta en servicio (2020) y año horizonte (2040). Tal fin se ha llevado a cabo partiendo de los datos tomados en los aforos manuales realizados el día 27 de enero del 2015 y de las convenientes estaciones de aforo afines. A su vez, se han determinado la capacidad y el nivel de servicio de la alternativa centro comparándolos con los valores actuales de la travesía. Por último, se ha creído oportuno elaborar un análisis de sensibilidad (análisis de Montecarlo) con el propósito de cuantificar la influencia de la variable porcentaje de tráfico en los resultados obtenidos.

2. ESTUDIO DEL TRÁFICO

2.1. Zona de influencia

La zona en la que se ha centrado el estudio, como bien se ha dejado expuesto en los documentos anteriores, es el tramo de la carretera CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles, en la provincia de Castellón. Concretamente, para la variante central los puntos kilométricos de la actual carretera afectados son del 8+000 al 11+500, teniendo en cuenta que el sentido ascendente es de este a oeste. En la Fig. 1 se muestran los puntos correspondientes a los P.K. citados así como la ubicación aproximada de los nudos diseñados para el entronque.

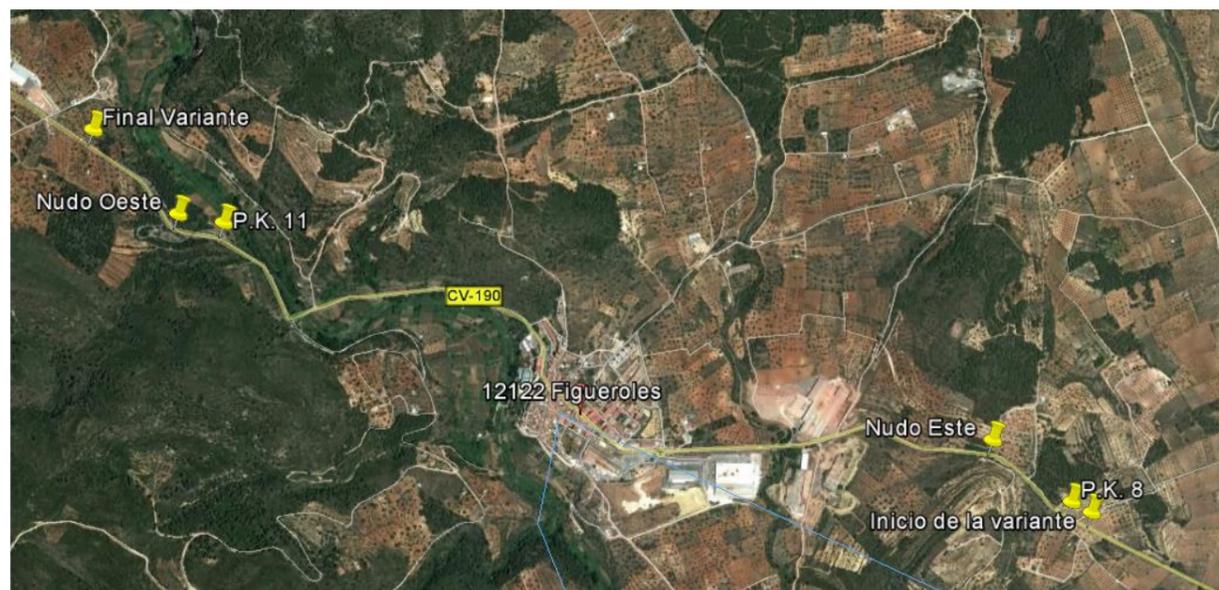


Fig. 1 Vista aérea de la zona de influencia de la alternativa centro. Fuente: Google Earth.

2.2. Toma de datos

La recopilación de los datos de partida necesarios para poder llevar a cabo un análisis del tráfico coherente con la actuación pretendida se realizó a través de un aforo manual en grupo. Dicho aforo se tomó el mismo día que tuvo lugar la visita de campo, en concreto, el martes 27 de enero del presente año con una duración de 6h comprendidas entre las 8:30 h y las 14:30 h. Es importante destacar que era de un día laborable en el cual las condiciones meteorológicas eran buenas.

El tipo de aforo se puede clasificar como una estación de aforo de cobertura manual ya que únicamente comprende datos de un día laborable al año y dentro de este día, sólo 6 horas. Es importante remarcar la singularidad de la toma de datos, ya que no solamente se procedió al cómputo de coches, distinguiendo entre ligeros y pesados, sino que también se anotaron las matrículas de cada uno de los vehículos.

El procedimiento es el que se describe a continuación. Minutos antes del comienzo oficial de la toma de datos, 8:30 de la mañana, se organizaron dos grupos de aproximadamente cuatro personas cada uno, uno se ubicó en la entrada (este) de Figueroles y otro en la salida (oeste). A su vez, dentro de cada grupo se dividió en parejas la anotación de matrículas por sentido con el objetivo de asegurar una correcta toma de datos sin pérdida de información. Por último, antes de comenzar se determinó de manera unánime que en caso de no ser posible anotar toda la información de la matrícula del vehículo tendrían prioridad los números sobre las letras a fin de no incurrir en errores que posteriormente impidieran la correspondencia de turismos entre ambos grupos. En las Fig. 2, Fig. 3 y Fig. 4 se muestra la ubicación concreta de los puestos de aforo nombrados.



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



Fig. 3 Vista detallada del puesto de aforo este (sentido de la vista este-oeste). Fuente: Street View.



Fig. 4 Vista detallada del puesto de aforo oeste (sentido de la vista oeste-este). Fuente: Street View.

La razón fundamental para llevar a cabo este tipo de aforo nace del carácter del trabajo a desarrollar, al tratarse de la concepción de la variante de una carretera existente es imprescindible estimar de la forma más aproximada posible el porcentaje de vehículos que harán uso de la futura actuación en caso de llevarse a término. Así pues, una vez se finalizó la toma de datos fue posible determinar qué vehículos de los que circulaban por la carretera en cuestión atravesaban el municipio y cuáles permanecían en él. Para ello se determinó que se consideraría que únicamente atravesarían el tramo urbano los vehículos cuyas matrículas aparecieran en los estadillos del este y oeste en el mismo intervalo de 15 minutos en los que se dividió la toma de datos. La anotación de las matrículas en el estadillo se hizo de forma cronológicamente ordenada dentro de cada intervalo de modo que en el caso de

que un vehículo entrara en el municipio al final de un intervalo y saliera al principio del siguiente pudiera ser tenido en cuenta también como futuro usuario de la variante.

Además del aforo con matrículas cabe decir que también se tomaron datos de la velocidad con la que los vehículos circulan por el tramo de la CV-190 que se trata. Éstos se obtuvieron gracias a la colocación de cámaras equipadas con GPS en dos vehículos flotantes que en diferentes turnos se encargaron de circular tras distintos conductores simulando su velocidad y modo de conducción.

Por último, respecto a este tema, para una mayor comprensión y entendimiento de los resultados que a continuación se expondrán se han adjuntado en el Apéndice I- Datos estación aforo afín los estadillos correspondientes a la de la toma de datos grupal.

En la Fig. 5 y Fig. 6 se muestra un croquis del trazado de la variante y un esquema de los datos recogidos en el aforo manual, representado el número de vehículos que entran y salen por cada uno de los extremos del municipio donde se ubicó un punto de toma de datos.

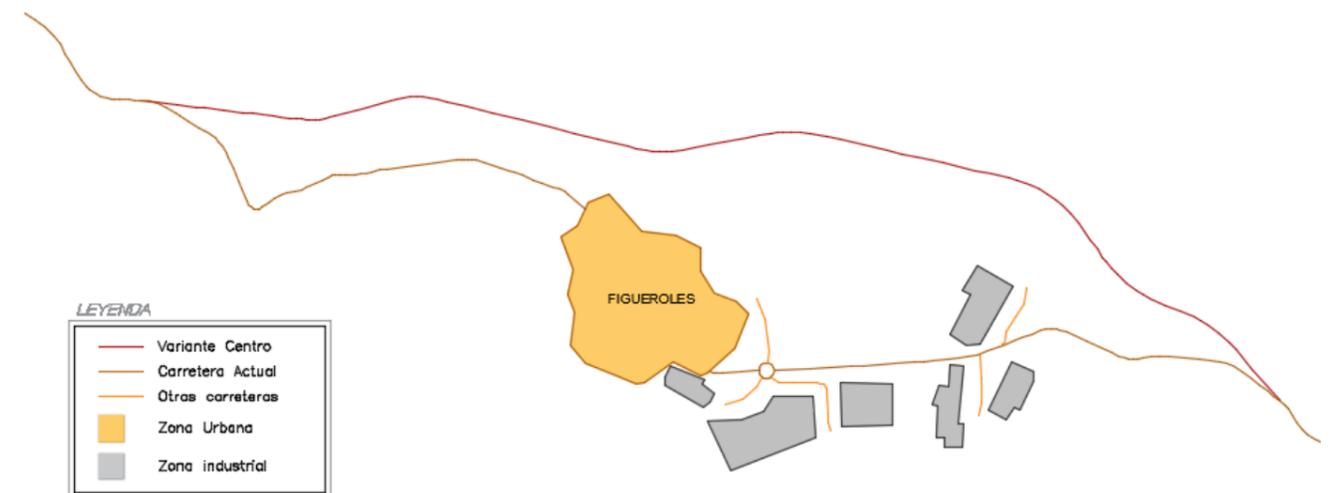


Fig. 5 Croquis de la alternativa centro, diferenciando las zonas urbanas de las industriales más próximas a Figueroles. Fuente: elaboración propia.

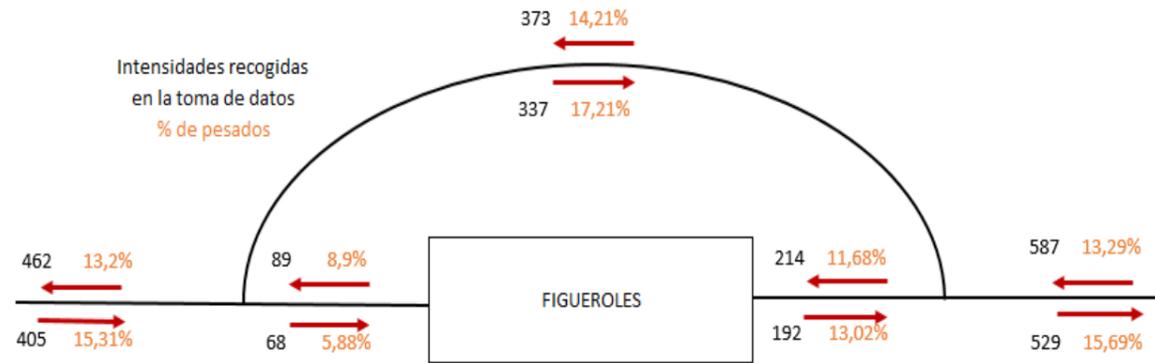


Fig. 6 Flujos de tráfico observados en el aforo manual. Fuente: elaboración propia.

2.3. Determinación de la estación afín

En primer lugar, se cree conveniente aclarar que se considera que una estación es afín a otra cuando las fluctuaciones de sus datos son similares, es decir, cuando el tráfico registrado por ellas se comporta de manera similar.

Para la elección de aquella más idónea se ha decidido analizar aquellas más cercanas con el fin de determinar si las fluctuaciones de tráfico son similares y si los datos aportados son suficientes. A través del mapa de tráfico de 2013 proporcionado por la *Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient* se han observado las distintas estaciones próximas a la zona de estudio.

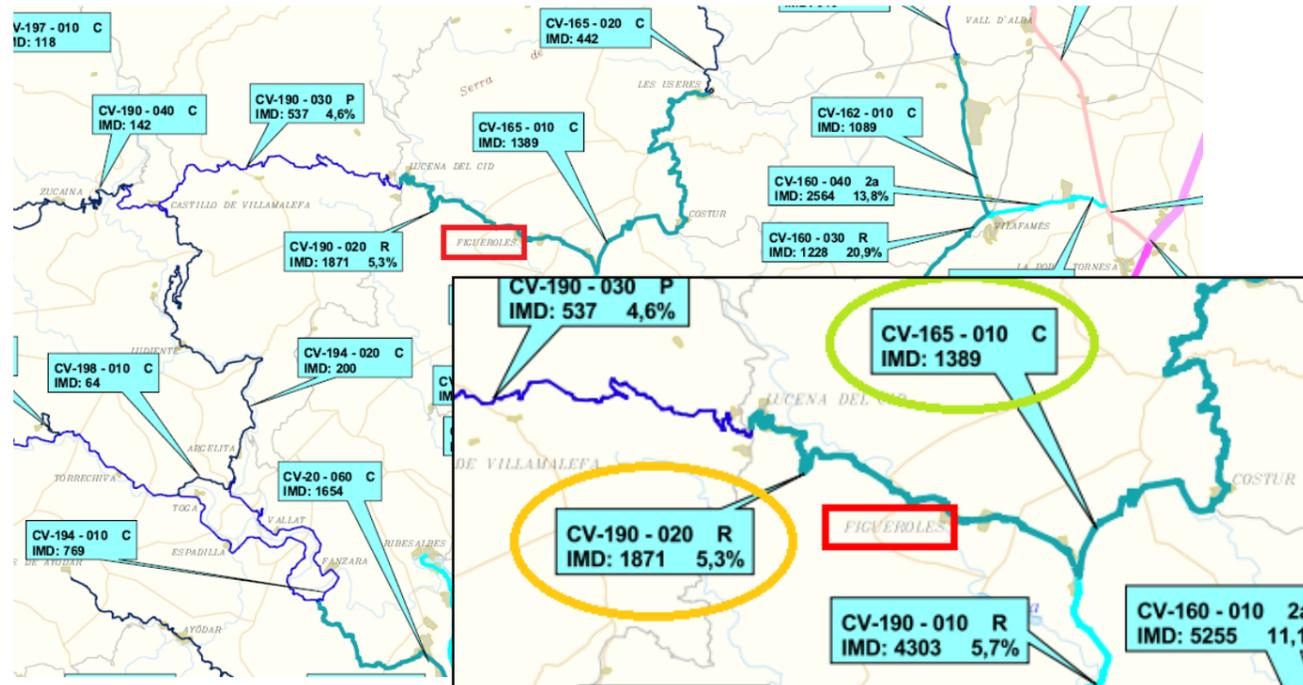
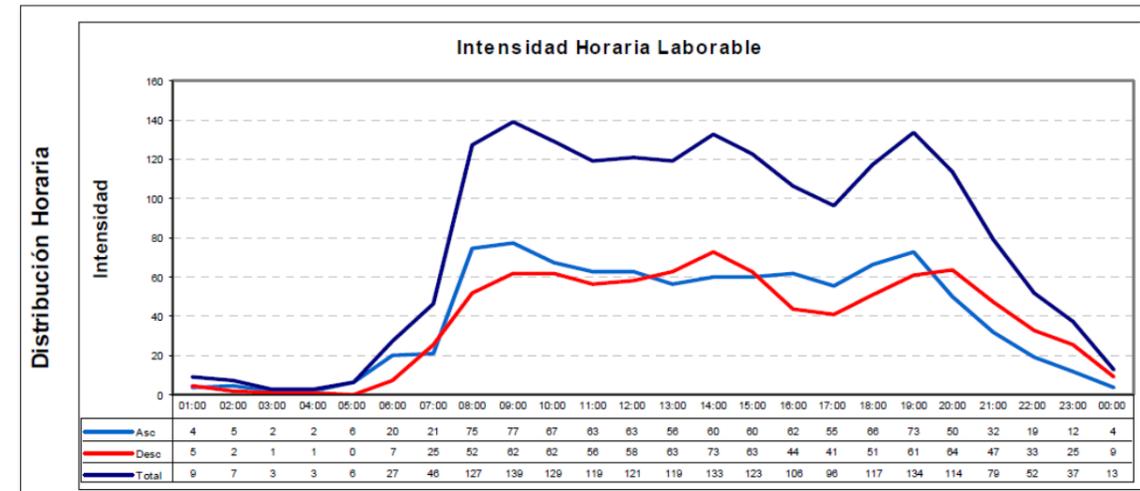


Fig. 7 Detalle del Mapa de Tráfico de 2013 en el entorno de Figueroles. Fuente: CITMA.

Viendo la Fig. 7 se aprecia que finalmente se ha determinado analizar las estaciones más cercanas al municipio de Figueroles: CV-190-020 y CV-165-010. Siendo de cobertura reforzada y de cobertura respectivamente. Entre ambas, se ha escogido la primera de ellas tras representar con los datos proporcionados en las memorias de aforos de la *Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient* la evolución del tráfico entre las 8:30 y las 14:30 de un día laborable y compararla con los datos obtenidos a partir del aforo manual, dicha comparación queda reflejada en las Fig. 9 y Fig. 10. Los principales datos de la estación en cuestión se muestran en la Fig. 8.



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.
Jun	1.737	114	6,5%	1.765	134	7,6%	1.664	66	4,0%	1.673	61	3,6%
Ago	2.199	73	3,3%	2.258	81	3,6%	2.180	62	2,8%	1.926	46	2,4%
Sep	2.047	97	4,7%	1.842	106	5,8%	2.399	93	3,9%	2.718	56	2,1%
Oct	1.801	128	7,1%	1.816	161	8,8%	1.723	46	2,7%	1.808	48	2,7%
Nov	1.760	87	4,9%	1.713	103	6,0%	1.905	43	2,3%	1.848	49	2,7%
Dic	1.645	79	4,8%	1.736	94	5,4%	1.432	54	3,8%	1.406	34	2,4%

Fig. 8 Resumen de datos básicos de la estación de aforo 190020. Fuente: CITMA.

Tal y como se ha dicho, para asegurar que realmente se puede considerar como afín al tráfico de estudio se han realizado una serie de gráficos verificando que en general la evolución entre ambos se puede asimilar como se observa en la Fig. 9.

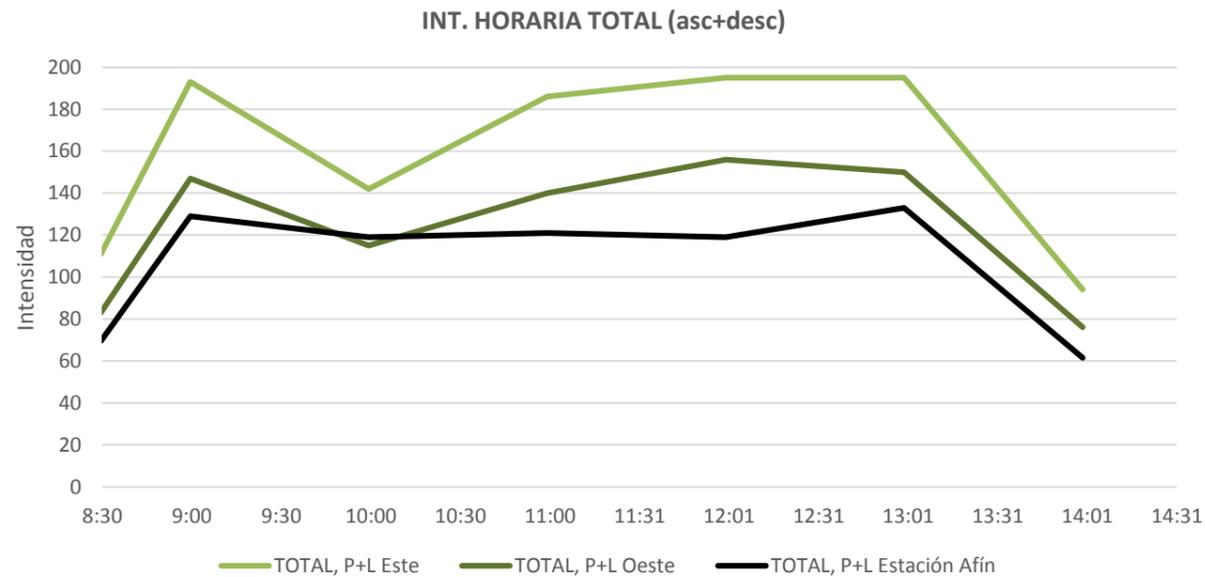


Fig. 9 Evolución del tráfico aforado manualmente y del de la estación afín. Fuente: elaboración propia.

Este gráfico comprende el volumen total de vehículos aforados en la toma de datos, incluyendo, por tanto, a los que permanecían en el pueblo y a los que lo atravesaban, razón por la cual existe un ligera variación entre el aforo del este y del oeste. Así pues, se considera válida como estación afín a la 190020 para el cálculo de la IMD actual ya que a pesar de no ser exactamente idénticas en evolución, los picos sí que coinciden.

Por otro lado, en lo referente a la IMD resultante una vez ejecutada la variante también se han analizado los datos del aforo manual pero, esta vez, sólo teniendo en cuenta aquellos vehículos que atravesaban el municipio. Consecuentemente los gráficos obtenidos en cada uno de los puestos de aforo manual son los representados en los gráficos de la Fig. 10 que como se observa la situación es similar a la anteriormente expuesta ya que aunque con ciertas variaciones se considera que la estación 190020 es afín, tanto para pesados como para ligeros.

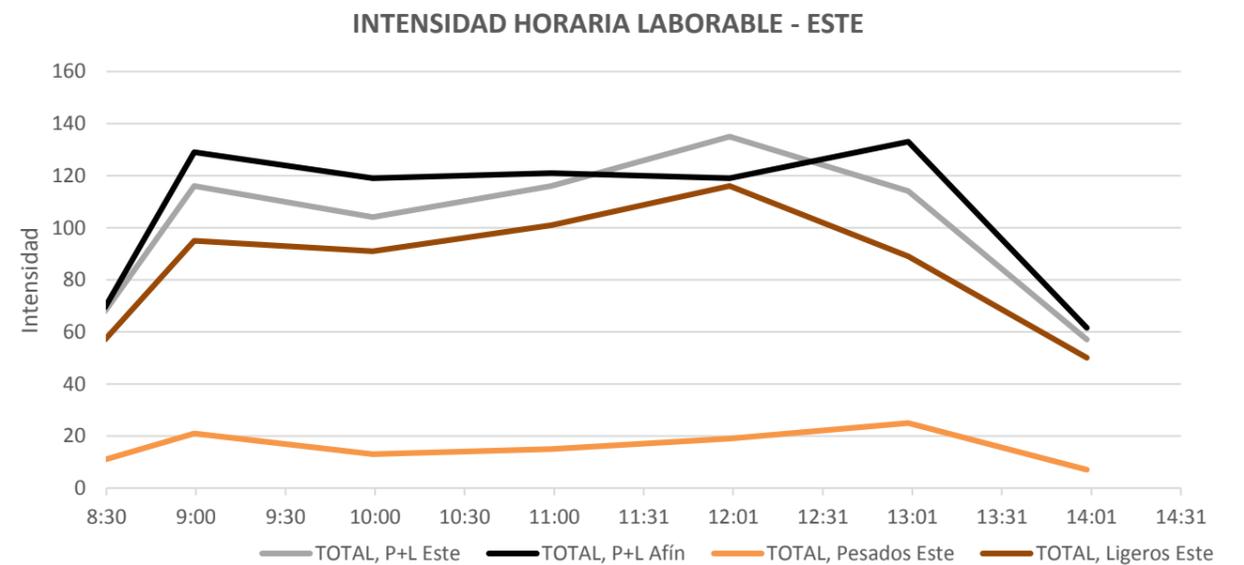
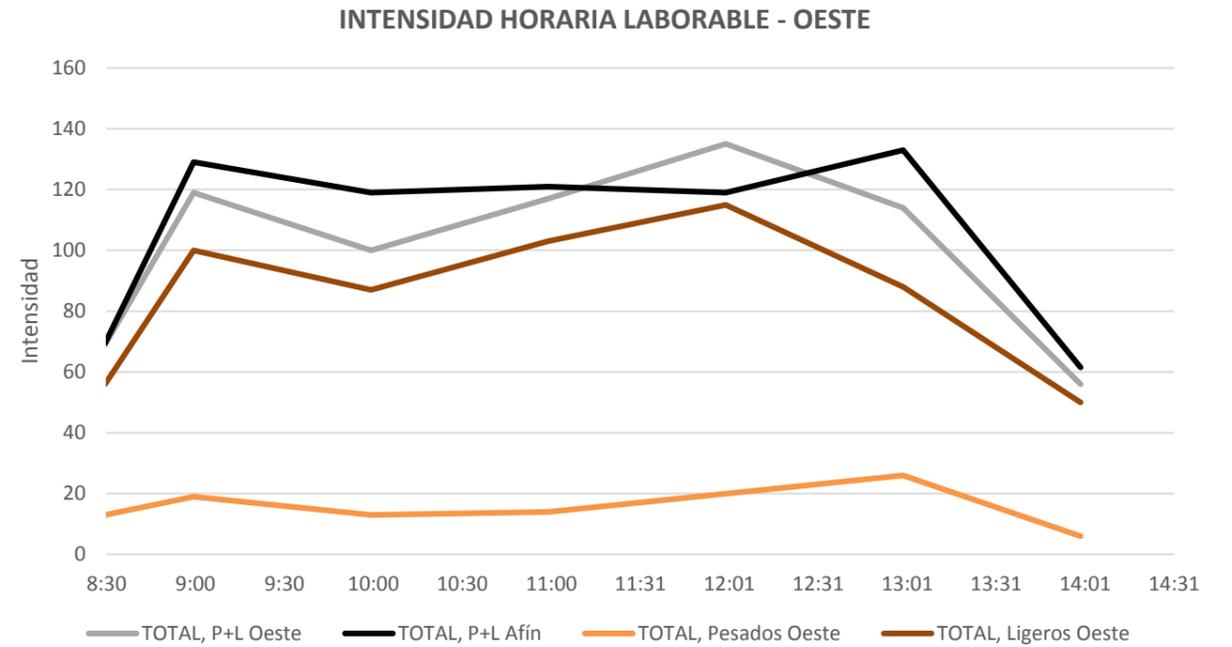


Fig. 10 Gráficos de la evolución del tráfico de la futura variante. Fuente: elaboración propia.



2.4. Obtención de la IMD

En los siguientes apartados se detalla el proceso seguido para el cálculo de las diferentes Intensidades Medias Diarias según el año o la situación concreta, con o sin variante.

2.4.1. Sin variante

2.4.1.1. Actualidad (2015)

En primer lugar, ha sido necesario obtener la IMD de la situación actual, es decir, del tramo de la CV-190 que pasa por el municipio de Figueroles. Como ya se ha dicho, se ha partido de los datos reflejados en el *apéndice I- Datos estación aforo afín* y mediante una serie de reglas de tres con las cifras aportadas por la estación afín y reflejadas en la Tabla 1 se ha concluido en el volumen total de vehículos. Concretamente, en la primera regla de tres llevada a cabo con el fin de conocer la intensidad de vehículos que circulan por el tramo de estudio en 24 horas de un día laborable del mes de enero se ha correspondido la intensidad aforada manualmente en 6 horas de un día laborable con la intensidad equivalente de la estación afín, suponiendo una evolución igual a ésta con respecto al dato aportado por dicha estación de la intensidad en 24 horas de un mes de invierno. El segundo paso seguido para el cálculo de la IMD es otra regla de tres, en este caso relacionando la intensidad obtenida como resultado en la operación anterior con la IMD que se quiere conocer, asumiendo una evolución igual a la de la estación afín.

ESTE			OESTE				
ESTACIÓN AFÍN		AFORO MANUAL		ESTACIÓN AFÍN		AFORO MANUAL	
TOTAL (P+L)		TOTAL (P+L)		TOTAL (P+L)		TOTAL (P+L)	
I6h,l	760 veh/h	I6h,l	1116 veh/h	I6h,l	760 veh/h	I6h,l	867 veh/h
I24h,l,en*	1736 veh/h	I24h,l,en	2549 veh/h	I24h,l,en	1736 veh/h	I24h,l,en	1980 veh/h
IMD	1871 veh/d	IMD	2747 veh/d	IMD	1871 veh/d	IMD	2134 veh/d
PESADOS		PESADOS		PESADOS		PESADOS	
-----		-----		-----		-----	
I6h,p	161 pes/h	I6h,p	161 pes/h	I6h,p	123 pes/h	I6h,p	123 pes/h
I24h,p	368 pes/h	I24h,p	368 pes/h	I24h,p	281 pes/h	I24h,p	281 pes/h
IMDp	396 pes/d	IMDp	396 pes/d	IMDp	303 pes/d	IMDp	303 pes/d
%pesados 14,4%		%pesados 14,4%		%pesados 14,2%		%pesados 14,2%	

Dato
Calculado

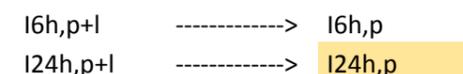
Dato
Calculado

I6h,l	Intensidad de vehículos durante 6 horas un día laborable.
I24h,l,en	Intensidad de vehículos durante 24 horas de un día laborable en enero.
I24h,l,en*	Intensidad de vehículos durante 24 horas de un día laborable en diciembre ya que la estación afín no posee datos del mes de enero y se considera este otro equivalente.
I6h,p	Intensidad de vehículos pesados durante 6 horas un día laborable.
I24h,p	Intensidad de vehículos pesados durante 24 horas un día laborable.

Tabla 1 Resumen del cálculo de la IMD y la IMD_{pesados} actual. Fuente: elaboración propia.

Anteriormente se ha comentado que existe cierta disparidad entre los resultados obtenidos por los diferentes puestos del aforo manual a causa de los vehículos que permanecían en el municipio una vez contabilizados por una de las dos partes. Puesto que para el desarrollo de la actuación en ningún momento afecta la IMD actual del tramo que discurre por el municipio, se asume la disparidad entre los puestos de aforo debido a la modalidad de toma de datos manual, sin que esto represente ningún error. En caso, de requerirse un valor concreto de dicha IMD se considerará la media entre ambas, quedando pues una IMD actual de la travesía de 2441 veh/día respecto de los 2747 veh/día aforados en el puesto ubicado al este del municipio y de los 2134 veh/día de la entrada oeste.

Por otro lado, otro aspecto que requiere alguna puntualización es la obtención de la IMD_{pesados} ya que la estación escogida a pesar de seguir una evolución muy similar del volumen de tráfico en las horas aforadas carece de datos concretos de la fluctuación de pesados a lo largo del tiempo. Razón por la cual se ha decidido obtener el valor final asumiendo una progresión equivalente a la del total de vehículos, incluyendo ligeros y pesados. Así pues, los resultados obtenidos plasmados en la Tabla 1 se corresponden con una IMD_{pesados} de 396 pes/h en el este y 303 pes/h en el oeste. Tal y como se ha procedido antes con la Intensidad Media Diaria total, en el caso de la referente únicamente a pesados se ha determinado emplear el valor medio de los dos obtenidos, 350 veh/día.



2.4.1.2. Año de puesta en servicio (2020) y año horizonte(2040)

Una vez conocido el tráfico actual, se plantea conocer el valor que tendrá éste en el que se ha determinado como año horizonte del proyecto de variante que concierne a este anejo, 2040. Se aprovecha para recordar que el año horizonte se establece 20 años después de la puesta en servicio de la carretera, la cual de forma unánime entre todo el grupo de trabajo se ha fijado en el año 2020.

En este caso solamente ha sido necesario aplicar los coeficientes expuestos en Boletín Oficial del Estado publicado el 23 de diciembre de 2010 en la *“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”*, concretamente en el anexo II - Parámetros de eficiencia para los estudios y proyectos de carreteras, los valores concretos son los que aparecen reflejados en la Fig. 11.

Incrementos de tráfico a utilizar en estudios

Periodo	Incremento anual acumulativo
2010 – 2012	1,08 %
2013 – 2016	1,12 %
2017 en adelante	1,44 %

Fig. 11 Coeficientes a aplicar para incrementos del tráfico. Fuente: BOE núm.311.



De tal forma que la IMD tanto del año de puesta en servicio como del año horizonte son las que aparecen en la Tabla 2. Se ha obtenido una IMD diferente en función del puesto de aforo manual considerado, al igual que en la situación anterior en caso requerirse un valor concreto de ésta se empleará el promedio de ambas, en el caso de la puesta en servicio la IMD es de 2614 veh/día y para el año horizonte de 3479 veh/día. Respecto al porcentaje de pesados también se considerará el valor medio de los obtenidos, 14,31%.

ESTE			
	IMD (veh/día)	IMDp (pes/día)	%pesados
Año de puesta en servicio (2020)	2942	424	14,43%
Año horizonte(2040)	3915	565	14,43%

OESTE			
	IMD (veh/día)	IMDp (pes/día)	%pesados
Año de puesta en servicio (2020)	2285	324	14,19%
Año horizonte(2040)	3042	432	14,19%

Tabla 2 IMD e IMDp calculadas para la puesta en servicio y el año horizontes. Fuente: elaboración propia.

2.4.2. Con variante

A continuación se ha procedido a los cálculos relativos al tráfico en el supuesto de llevar a cabo la ejecución de la variante. Se adelanta que el porcentaje del tráfico anteriormente mostrado que circularía por la variante es el reflejado en la Tabla 3, según sentido de circulación y punto de aforo.

	Sentido creciente	sentido decreciente
Este	63,54%	63,71%
Oeste	80,74%	83,21%

Tabla 3 Porcentaje de tráfico que se desvía por la variante. Fuente: elaboración propia.

2.4.2.1. Travesía

En el caso de llevarse a cabo la actuación tratada, el tramo de carretera que quedaría relegado a travesía del municipio de Figueroles, vería afectado su tráfico del modo que muestra la Tabla 4. Observando dicha tabla se observa aún más disparidad entre el aforo este y el oeste de la que se ha venido mostrando con anterioridad, esto se debe a que en caso de llevarse a término la actuación estudiada los vehículos cuyo punto de partida se encuentra más al interior que el municipio tratado optarían por circular por la variante en más medida que los que parten del propio Figueroles, se remarca la existencia de ciertas industrias entre los municipios de Figueroles y Lucena que conllevan la circulación constante de tráfico pesado el cual sería potencial usuario de la variante. Del mismo modo

que se ha procedido en los casos anteriores, los valores empleados en caso de ser necesarios para cálculos serán los promedios de ambos puestos de aforo, siendo entonces la IMD de la travesía una vez puesta en servicio la variante de 742 veh/día y en el año horizonte de 987 veh/día. El porcentaje de pesados asumible en este caso quedaría, pues, en un 9,76%.

	ESTE		OESTE	
	IMD (veh/día)	%pesados	IMD (veh/día)	%pesados
Año puesta en servicio (2020)	1070	7,2%	413	12,33%
Año horizonte(2040)	1424		550	

Tabla 4 Intensidades de vehículos que continuarán circulando por la travesía. Fuente: elaboración propia.

2.4.2.2. Variante. Año de puesta en servicio (2020)

En este caso, se ha determinado la IMD de la variante correspondiente al año de puesta en servicio. Para su cálculo se ha fijado como porcentaje de vehículos que decidirían circular por la variante los expuestos en la Tabla 3. Esta decisión se sopesa y analiza en profundidad en el apartado 3.3 Análisis de sensibilidad.

A continuación en la Tabla 5 se presentan, tal y como se ha hecho en los apartados anteriores, la IMD prevista para el año de puesta en servicio, con la diferencia de que los datos se corresponden con lo estimado para la futura carretera. Obviamente se han empleado los coeficientes expuestos en la Fig. 11. Por tanto la IMD de la variante en el momento de su puesta en servicio es de 1872 veh/día, con un 15,63% de tráfico pesado.

	IMD (veh/día)	IMDp (pes/día)	%pesados
Año de puesta en servicio (2020)	1872	293	15,63%

Tabla 5 Estimación de la IMD y la IMDp de la variante en 2020. Fuente: elaboración propia.

2.4.2.3. Variante. Año horizonte(2040)

En cuanto al año horizonte, el procedimiento seguido ha sido prácticamente idéntico ya que únicamente se ha aumentado la intensidad estimada aplicando nuevamente los coeficientes propuestos por el BOE núm.311 en la Fig. 11, concretamente 1.44% ya que el intervalo de tiempo se encuentra dentro del apartado "2017 en adelante". Consecuentemente las IMD obtenidas, tanto total como de pesados, son las representadas en la Tabla 6, 2491 veh/día.

	IMD (veh/día)	IMDp (pes/día)	%pesados
Año horizonte(2040)	2491	389	15,63%

Tabla 6 Estimación de la IMD y la IMDp para 2040. Fuente: elaboración propia.

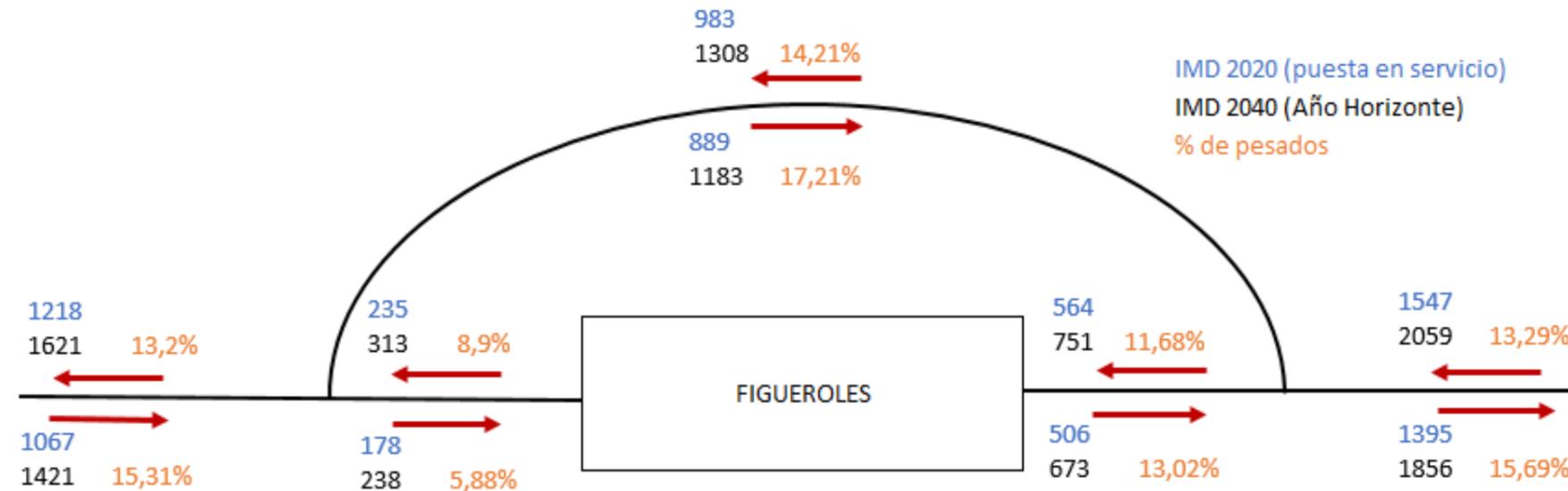


Fig. 12 Esquema de los flujos de tráfico, años 2020 y 2040. Fuente: elaboración propia.

2.4.3. Flujos de tráfico

Por último, en este apartado se ha pretendido mostrar los diferentes flujos de tráfico resultantes, tanto los correspondientes al año de puesta en servicio como aquellos referentes al año horizonte. También se incluye el porcentaje de pesados en cada caso. Con este esquema se ha pretendido remarcar la importancia de los puntos de entronque para el posterior estudio y diseño de los nudos.

Tanto en la estimación referente al año de puesta en servicio como en la que se ha hecho para el año horizonte, se puede apreciar un dato que requiere de cierta explicación debido a su singularidad, éste es el número ciertamente elevado de tráfico pesado que “sale” del municipio de Figueroles con respecto al que “entra”. Esto podría haber supuesto una importante inquietud pero gracias a la visita de campo en la que se llevó a cabo el aforo manual se pudo observar que la mayoría de estos vehículos no proceden de la población en sí, si no que su origen parte de la zona industrial que aparece en la parte inferior de la Fig. 5. Es necesario recordar que el punto de aforo del este del municipio se situó a la derecha de la glorieta que aparece en dicha figura.

3. ESTUDIO DE LA CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

En el presente apartado se pretende estudiar tanto la capacidad como el nivel de servicio en las diferentes situaciones y años expuestos precedentemente. Objetivo último, es pues, conocer si la ejecución de la nueva carretera es justificable en lo que a funcionalidad se refiere. Además de estos dos factores, el análisis de sensibilidad que cierra esta parte

aporta una información esencial para determinar la fiabilidad de los datos asumidos como ciertos a partir de la toma de datos.

3.1. Capacidad

Se entiende por capacidad la máxima intensidad que puede atravesar una sección determinada de carretera durante un periodo de quince minutos, en unas condiciones dadas de la propia vía y del tráfico correspondiente. Se cuantifica en vehículos/hora y no se trata de un máximo absoluto, sino un máximo relativo a las condiciones geométricas de la carretera y a las características funcionales de su circulación.

Para su cálculo se han seguido las pautas reflejadas en el *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.



Obviamente coincidir al completo con estas características es una hazaña que se torna en la mayoría de casos imposible. Razón por la cual se aplican una serie de coeficientes que corrigen en cierto modo las desviaciones respecto del patrón. Concretamente éstos intervienen en la formulación que se presenta en la expresión (1).

$$C_d = 1700 \cdot F_i \cdot F_{P,TC} \quad (1)$$

Donde:

F_i : factor dependiente para el cálculo de % de tiempo en cola (Tabla 15)

$F_{P,TC}$: factor de pesados para el cálculo de % de tiempo en cola (Tabla 16)

Ésta es la asociada a carreteras de clase II ya que, como se detalla en el punto 3.2, la variante diseñada se engloba en esta clase porque es una vía por la que los conductores no esperan circular a velocidades elevadas. Así pues, el cálculo de la capacidad en este tipo de carreteras se basa en el porcentaje de tiempo en cola, al igual que la obtención del nivel de servicio (NS), como se verá en los vinientes apartados. En cuanto a los factores que aparecen, una puntualización importante es que a pesar de emplearse las mismas tablas para buscarlos que las necesarias para el cálculo del nivel de servicio (Tabla 15 y Tabla 16 del apéndice II), se han de considerar como datos de entrada en dichas tablas un FHP igual a la unidad y una intensidad superior a los 900 veh/h.

Por último, es importante remarcar que no se debe superar el límite teórico de 3200 veh/h considerando los dos sentidos. En caso de hacerlo se ha de ajustar la capacidad con el volumen total y luego calcular el direccional.

3.1.1. Sin variante

En los casos relativos a la situación de la actual carretera sin previsión de construir la variante, se ha realizado el correspondiente estudio en el *Anejo 3 Análisis de Situación Actual y Propuesta de Mejoras*. Siguiendo la metodología expuesta en el HCM 2010 en función si el tramo es clase II (extremos) o clase III (tramo central que discurre por zona urbana), en el citado anejo se exponen las capacidades referentes a la situación sin variante en la actualidad y en el año horizonte.

3.1.2. Con variante

En el caso de ejecutarse la variante, sí que corresponde desarrollar los cálculos a este anejo.

3.1.2.1. Año horizonte(2040)

Respecto al año horizonte, capacidad obtenida ha sido de 1700 veh/h, a partir de los datos de partida de la Tabla 7.

CAPACIDAD (veh/h)				1700
DATOS				
$F_{I,TC}$	1	E_c	1	
$F_{P,TC}$	1	FHP	1	

Tabla 7 Capacidad y datos empleados para su cálculo. Fuente: elaboración propia.

3.2. Nivel de servicio

Para determinar el nivel de servicio (NS) es necesario aclarar que este concepto es una medición cualitativa del funcionamiento de un elemento viario y que, a su vez, tiene en cuenta la valoración de la calidad de la circulación por parte de los usuarios. Una vez definido el concepto a analizar, cabe especificar que en todas las situaciones abajo desarrolladas se han seguido las indicaciones estipuladas en el *Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010)*. La metodología empleada por éste tiene en cuenta factores tales como: la fluidez con la que un conductor circula por la carretera teniendo en cuenta el tiempo que éste se encuentra parado o no va a la velocidad deseada, la comodidad de los conductores al discurrir por ella o el coste que le supone recorrerla.

Previamente a detallar los pasos que se han seguido para el cálculo del NS basados en el HCM 2010, se ha querido destacar algunas clasificaciones que dicho manual toma como punto de partida a los posteriores pasos. En primer lugar se diferencian los aspectos a tener en cuenta según el tipo de vía que se analiza, en este caso concreto se ha centrado la atención en carreteras de dos carriles, uno para cada sentido, en las cuales para obtener el NS se requiere conocer los parámetros siguientes:

- Porcentaje de tiempo en cola (PTSF): simboliza la comodidad del viaje y la libertad de elección de la velocidad. Así pues, refleja el porcentaje medio del tiempo en el que los vehículos deben circular en pelotones detrás de vehículos lentos por la imposibilidad de adelantar. Es un parámetro difícil de medir en campo, razón por la cual se aproxima al porcentaje de vehículos que circulan en pelotones o en colas (PF), es decir, aquellos con un intervalo inferior a 3 segundos.
- Velocidad media de recorrido (ATS): este parámetro representa la movilidad y es el cociente entre la longitud del segmento y el tiempo medio de recorrido. Las unidades empleadas han sido km/h a pesar de que en el HCM 2010 los valores correspondientes aparecen reflejados en millas/h y feet.
- Porcentaje con velocidad libre (PFFS): hace referencia a la capacidad de circular con velocidad próxima al límite de velocidad establecido y se calcula como el cociente entre la velocidad media de recorrido y la velocidad límite.

En segundo lugar, dentro de este grupo de carreteras se hace la subdivisión siguiente en clases:



- Clase I: aquellas en las que los conductores esperan viajar a velocidades relativamente altas. Se trata de rutas que conectan las principales zonas, albergando así la mayoría del tráfico. Suelen salvar grandes recorridos. En el cálculo del NS afectan dos variables, la velocidad media de recorrido y el porcentaje de tiempo en cola.
- Clase II: en ellas los conductores no esperan circular a velocidades elevadas. Suelen salvar viajes cortos y pueden dar acceso a las instalaciones de carreteras tipo Clase I o discurrir por terreno accidentado. En este caso, únicamente influye en el NS el porcentaje de tiempo en cola.
- 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 que discurran por áreas muy escénicas donde cierta demora sea aceptable. Respecto a la obtención del nivel de servicio, la variable importante es el porcentaje con velocidad libre.

Analizando detenidamente estos tres tipos, se ha determinado que en el caso del tramo de la CV-190 que discurre en la actualidad por el municipio de Figueroles es clase III en su tramo urbano y clase II en el resto. En cuanto, a la variante planteada se ha clasificado como clase II ya que los conductores no esperan circular a altas velocidades debido las características geométricas y del entorno.

Otra diferenciación a realizar es según el tipo de tramo, ya que una misma carretera puede clasificarse en diferentes categorías en función de las zonas por donde discurra:

- Tramos direccionales en perfil llano u ondulado.
- Tramos direccionales en terreno montañoso ($i \geq 3\%$ y $L \geq 1$ km):
 - Rampas específicas
 - Pendientes específicas
- Tramos direccionales integrando carriles de adelantamiento.

En este caso, la variante se ha clasificado como tramo ondulado.

En cuanto a los resultados, el manual indica 6 tipos diferentes de circulación comprendidas en una clasificación que va de la "A" a la "F" como se muestra en la Tabla 8.

NIVELES DE SERVICIO PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES				
Nivel de servicio	Clase I		Clase II	Clase III
	% tiempo en cola	Velocidad media (km/h)	% tiempo en cola	% velocidad libre
A	≤ 35	> 90	≤ 40	> 91,7
B	> 35 - 50	> 83 - 90	> 40 - 55	> 83,3 - 91,7
C	> 50 - 65	> 75 - 83	> 55 - 70	> 75 - 83,3
D	> 65 - 80	> 65 - 75	> 70 - 85	> 66,7 - 75
E	> 80	≤ 65	> 85	≤ 66,7
F	Cuando se excede la capacidad			

Tabla 8 Clasificación de las vías según NS. Fuente: elaboración propia a partir del HCM 2010.

Una vez conocida la clasificación es importante tener en cuenta que éste es un proyecto de una nueva carretera y por lo tanto el HCM indica que en fase de diseño el mínimo nivel de servicio aceptado es el C mientras que la Instrucción de carreteras únicamente se refiere a un nivel de servicio adecuado en casos de proyectos de nuevo trazado, como es el caso.

Por último antes de comenzar a detallar la metodología seguida, se enumeran las condiciones base o ideales que el *Highway Capacity Manual 2010* presupone para el cálculo del nivel de servicio. Partiendo de éstas posteriormente se aplican unos coeficientes para adaptar la formulación a cada situación real. Así pues, las características iniciales son:

- Anchura de carril igual o superior a 3,6m.
- Arcenes despejados con anchura igual o superior a 1,8m.
- 0% de zona de adelantamiento no permitido.
- Únicamente vehículos ligeros.
- Terreno llano.
- Densidad de accesos igual a 5 accesos/km.
- Sin restricciones a la circulación (intersecciones semaforizadas, vehículos que giran, etc.).

3.2.1. Metodología para el cálculo del NS

Dado que este anejo se centra en el análisis del tráfico y la influencia que la variante ejerce en él, la metodología que a continuación se detalla se centra en la necesaria para obtener el NS de las carreteras de clase II ya que así se ha clasificado la actuación. Las pautas necesarias para el cálculo de aquellas de clase III (tramo urbano de la actual CV-190) se han tenido en cuenta en el *Anejo 3 Análisis de Situación Actual y Propuesta de Mejoras*. En este caso concreto de la variante centro, clasificada como carretera de clase II, el factor determinante es el porcentaje de tiempo en cola.



Con el fin de conocer dicho parámetro se seguirán los pasos detallados seguidamente:

1. Estimación de la velocidad en flujo libre (V_L)
2. Ajuste de la demanda
3. Estimación el porcentaje de tiempo en cola (%T_c)
4. Determinación del nivel de servicio

ESTIMACIÓN DE LA VELOCIDAD EN FLUJO LIBRE (V_L)

La velocidad en flujo libre hace referencia a la media de las velocidades desarrolladas por el conjunto de vehículos que circulan por un tramo homogéneo cuando el volumen de tráfico es tal que la presencia de los otros conductores no afecta en la elección de la velocidad, además se considera que en ese tramo la influencia de la señalización tampoco es notable. Este parámetro es posible medirlo en campo o estimarlo, en el caso concreto que se trata, puesto que la carretera se encuentra en fase de diseño, únicamente es posible su estimación.

Su cálculo se basa en la siguiente formulación presentada en la expresión (2).

$$V_L = V_{L,B} - F_{ST} - F_A \quad (2)$$

Siendo:

$V_{L,B}$: velocidad de flujo libre base

F_{ST} : factor de sección transversal (Tabla 13)

F_A : factor de densidad de accesos (Tabla 14)

Se parte de la velocidad de flujo libre base, la cual puede tomarse como la velocidad límite más 16km/h o como la velocidad de diseño. En este caso concreto se ha tomado la velocidad de operación promedio obtenida en el desarrollo de los perfiles de velocidad de operación reflejados en el *Anejo 8 Estudio de seguridad vial* cuyo valor es de 86.43 km/h. Por otro lado, los otros dos factores son coeficientes empleados para ajustar el ancho de carril y arcén y la densidad de accesos de los datos base a la realidad de la situación tratada. Se pueden consultar en las tablas Tabla 13 y Tabla 14 del apéndice II, respectivamente. Estos dos factores reducen la velocidad en flujo libre porque tanto el estrechamiento de la calzada como la frecuencia accesos en la misma producen en los conductores una disminución de su velocidad al representarles más carga de trabajo a la que hacer frente.

AJUSTE DE LA DEMANDA

Este ajuste consiste en la determinación de las intensidades de demanda para el posterior cálculo del porcentaje de tiempo en cola. Dicho arreglo se basa en la fórmula (3), de la cual a su vez se han de sacar los distintos valores que la componen.

$$I_{Di,TC} = \frac{IHP}{FHP \cdot F_{i,TC} \cdot F_{P,TC}} \quad (3)$$

Donde cada variable es:

$I_{Di,TC}$: intensidad de demanda en la dirección de análisis (tur/h), siendo $i = D$ si es sentido directo e $i = 0$ si es opuesto

IHP: intensidad de demanda en hora punta en la dirección del análisis

FHP: factor de hora punta

$F_{i,TC}$: factor de pendiente (Tabla 15)

$F_{P,TC}$: factor de pesados

De todos estos componentes, en primer lugar se ha de proceder a conocer la intensidad y luego el factor de hora punta ya que el resto se pueden identificar en las tablas Tabla 15 y expresión (6), para $F_{i,TC}$ y $F_{P,TC}$ respectivamente. En cuanto a la intensidad de hora punta, puesto que el comportamiento de la carretera diseñada se corresponde con el de una vía rural interurbana, el porcentaje de IMD generalmente atribuido a la intensidad de hora punta en este tipo de carreteras es de aproximadamente un 10,5% (K). Éste hace referencia al porcentaje de IMD que únicamente es superado durante 30 horas al año. Por tanto, la IMD se ajusta según la siguiente ecuación (4) siendo D el porcentaje de reparto por sentidos, el cual es de un 52,53% para el sentido más cargado.

$$IHP = IMD \cdot K \cdot D \quad (4)$$

Respecto al factor de hora punta representa la variación no uniforme de la intensidad dentro de dicha hora y se calcula de la manera expuesta en la expresión (5).

$$FHP = \frac{IH}{4 \cdot I_{15}} \quad (5)$$

Siendo:

I_{15} : intensidad del cuarto de hora más cargado dentro de la hora considerada

En caso de desconocerse estos datos también se pueden emplear los propuestos por el manual:

- Carretera rural $\approx 0,90$
- Carretera suburbana $\approx 0,95$

Por último para acabar el ajuste, en cuanto al factor de pesados se obtiene según la expresión (6) y consultando la Tabla 16 para conocer el factor equivalencia camiones.

$$F_P = \frac{100}{100 + P_C \cdot (E_C - 1)} \quad (6)$$



Siendo:

P_C : porcentaje de camiones

E_C : factor equivalencia camiones (Tabla 16)

ESTIMACIÓN EL PORCENTAJE DE TIEMPO EN COLA

Una vez conocida la intensidad ya es oportuno el cálculo del porcentaje de tiempo en cola con la expresión (7).

$$\%T_C = \%T_{C,B} + F_{NA,TC} \cdot \frac{I_{Dd,TC}}{I_{Dd,TC} + I_{Do,TC}} \quad (7)$$

Siendo:

$\%T_{C,B}$: porcentaje de tiempo en cola base

$F_{NA,TC}$: factor de tramos prohibidos de adelantamiento y descompensación de sentidos (Tabla 18)

En cuanto al parámetro de porcentaje de tiempo en cola de base requiere ser calculado del modo indicado en (8).

$$\%T_{C,B} = 100 \cdot (1 - \exp(a \cdot (I_{Dd,TC})^b)) \quad (8)$$

Donde:

"a" y "b" son coeficientes que dependen de la demanda de tráfico en sentido contrario al analizado, al incrementarse ésta, el $\%T_c$ también lo hace (Tabla 17)

DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO

Por último, ya se está en disposición de conocer el nivel de servicio de la carretera en cuestión. El resultado se puede conocer fácilmente entrando en la Tabla 8 con el porcentaje de cola obtenido.

Un apunte importante a hacer es el hecho de que si la capacidad calculada es inferior a la intensidad de demanda, el nivel de servicio pasa a ser directamente "F" ya que no es posible para la carretera albergar ese tráfico e incurrirá en aglomeraciones y retenciones.

3.2.2. Sin variante

Como ya se ha dicho anteriormente, este trabajo ha sido desarrollado en el *Anejo 3 Análisis de Situación Actual y Propuesta de Mejoras*, los resultados obtenidos en éste son los que se exponen en los siguientes apartados.

3.2.2.1. Actualidad (2015)

Teniendo en cuenta los datos de partida presentados en la Tabla 20, Tabla 21 y Tabla 22, el nivel de servicio obtenido para el tramo de la carretera CV-190 que discurre en su mayoría por zona urbana es diferente según el tramo analizado. Esto es así porque los tramos extremos que no discurren por trama urbana se han clasificado como Clase II mientras que el tramo central como Clase III. Como se ha dicho los factores necesarios para el cálculo de los diferentes niveles se adjuntan en las tablas arriba citadas pertenecientes al apéndice IV. En la Tabla 9 se resumen los resultados.

	NIVEL DE SERVICIO	
	Sentido creciente	Sentido decreciente
Tramo Este	B	B
Tramo Oeste	C	B
Tramo urbano	C	

Tabla 9 Niveles de servicio de la travesía en la actualidad. Fuente: *Anejo 3 Análisis de Situación Actual y Propuesta de Mejoras*.

3.2.2.2. Año horizonte(2040)

En el caso de plantearse conocer el nivel de servicio para el año horizonte determinado para la futura variante, 2040, la travesía presentaría diferentes características con respecto a la actualidad ya que en el *Anejo 3 Análisis de Situación Actual y Propuesta de Mejoras* se ha pretendido adaptar el tramo urbano de la CV-190 a las rasgos de una calle de un municipio como Figueroles. El motivo de estos cambios es la significativa perdida de tráfico que sufre la travesía con la puesta en servicio de la nueva variante, lo que desemboca en un cambio de función de esta última. Por lo tanto, la metodología seguida es ciertamente diferente y se expone en el citado anejo al igual que los resultados obtenidos.

3.2.3. Con variante

3.2.3.1. Año horizonte(2040)

En este caso, se ha seguido la metodología presentada en el apartado 3.2.1. para lo cual se ha determinado como sentido de análisis aquel más cargado, que se corresponde con el creciente. Consecuentemente siguiendo los pasos desarrollados anteriormente, el nivel de servicio obtenido es B, el cual según el HCM 2010 se corresponde con nivel en el que la demanda de paso y la capacidad de paso están equilibradas, donde por un lado se define capacidad de paso como la habilidad de paso que un conductor tiene una vez otro vehículo inicia maniobras de adelantamiento en el sentido opuesto a la marcha, condicionada por el flujo y distribución de los vehículos que circulan en ese sentido; y por otro, se dice que la demanda de paso aumenta con el deseo de los conductores de realizar maniobras de adelantamiento en una circulación condicionada por un flujo de circulación lento en ese



sentido. Para una mejor comprensión del resultado obtenido se muestran en la Tabla 10 los datos de partida empleados y los pasos seguidos.

ESTIMACIÓN DE LA VELOCIDAD EN FLUJO LIBRE (V_L) (km/h)			
V_L (km/h)			80,85
DATOS			
% Camiones ($P_{c,d}$)	14,12	$V_{L,B}$ (km/h)	86,429
Factor equiv.camiones (E_c)	2,63	F_{ST}	4,8
Factor de Pesados (F_p)	0,81	F_A	0,78
IHP _d (tur/h)	118	--	

AJUSTE DE LA DEMANDA PARA ESTIMAR % TIEMPO EN COLA (% T_c)			
$I_{d,TC}$ (tur/h)			225
DATOS			
IMD	2491	FHP _d	0,91
K	10,5%	Factor de pendiente ($F_{I,TC}$)	0,756
D_d	52,53%	Factor de pesados ($F_{P,TC}$)	0,89
IHP _d (veh/h)	137	Factor equiv. Camiones (E_c)	1,86

CÁLCULO DEL % TIEMPO EN COLA			
% T_c			54,09
DATOS			
% $T_{C,B}$	24,64	FHP _o	0,83
a	-0,001518	Factor de pesados ($F_{P,TC}$)	0,87
b	0,96561	% Camiones ($P_{c,o}$)	17,21
$I_{d,TC}$	225	Factor equiv. Camiones (E_c)	1,876
$I_{D_o,TC}$	230	Factor prohibido adelant. y descomp. Sentidos ($F_{NA,TC}$)	59,545
D_o	47,47%	Descomp. Sentidos	52,53
IHP _o	124	% prohibido adelnatamiento	78,59
$F_{I,TC}$	0,747		

Tabla 10 Datos de partida, parámetros empleados y pasos seguidos para el cálculo del NS. Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior, el subíndice “d” hace referencia al sentido en el que se ha estudiado el nivel de servicio, sentido creciente por ser el más cargado, mientras el subíndice “o” se corresponde con el sentido opuesto.

Además de conocer el valor del nivel de servicio en el año horizonte se ha creído interesante conocer la evolución de éste desde su puesta en servicio con el fin de analizar cambios significativos o variaciones importantes en la categorización del NS. Estos resultados se exponen en la Tabla 19 del apéndice III y como se puede observar a lo largo de los veinte años analizados se mantiene un nivel constante de servicio que implica un mantenimiento de las prestaciones de la vía.

3.3. Análisis de sensibilidad

A continuación, se ha pretendido profundizar en el estudio de la funcionalidad, los factores que le afectan y con ello en la justificación o no de la actuación sobre la que versa el presente trabajo. Para ello se ha llevado a cabo un análisis de sensibilidad aplicando el Método Montecarlo.

Se ha optado por esta metodología ante la evidencia de que en el análisis de tráfico realizado existe una variable que resalta sobre el resto, la cual aporta gran incertidumbre a los resultados obtenidos. Esta no es otra que el porcentaje de vehículos que se estima van a circular por la variante dejando libre, por tanto, el tramo de vía que quedaría como travesía del municipio de Figueroles. A lo largo de este anejo se ha determinado como fijo dicho porcentaje a raíz del aforo llevado a cabo por el grupo durante la visita de campo, pero es necesario plantearse que éste podría ser diferente en caso de haber acudido cualquier otro día a aforar o teniendo en cuenta la suma de total de los días de un año, lo cual con los medios disponibles no es posible conocer.

Así pues, se ha asimilado que para cada sentido de la variante el porcentaje de vehículos que optan circular por ella en lugar de atravesar la zona urbana sigue una distribución normal cuya media se ha determinado haciendo el promedio de los porcentajes observados en el punto de aforo este y oeste según el sentido expuestos en la Tabla 3. Por otro lado, su desviación típica se ha escogido de manera que el intervalo de porcentajes a tener en cuenta fuera razonable ya que a pesar de no ser exacto, el valor aforado no deja de ser real por lo cual no es necesario abarcar valores muy dispares. Dicho intervalo viene definido por $[-2\sigma, 2\sigma]$, el cual estadísticamente en la distribución normal recoge el 95% de los casos.

	SENTIDO CRECIENTE	SENTIDO DECRECIENTE
Media	72,13	73,45
σ	12	12

Tabla 11 Media y desviación típica asignadas a la distribución normal de la variable porcentaje de vehículos por la variante. Fuente: elaboración propia.

De este modo, mediante una hoja de cálculo se ha programado una Macro que realiza tantas iteraciones como se quiera, en el caso concreto 10000, y almacena todos los porcentajes asociados a cada iteración lo cual proporciona 10000 parejas de datos que reflejan la variabilidad del porcentaje de vehículos que circulará por la variante en ambos sentidos siguiendo, como se ha dicho, una distribución normal. El cálculo de las numerosas

iteraciones de forma aleatoria se ha conseguido asociando la función “Aleatorio()” como probabilidad de cada una de las distribuciones normales. Esta función arroja valores entre 0 y 1.

Una vez obtenido el completo de iteraciones asociadas a la variable en cuestión se ha procedido al cálculo de nivel de servicio de cada pareja de valores, uno por sentido. Esta tarea ha dado como resultado el grafico representado en la

donde se puede apreciar que en su mayoría las parejas de porcentajes de vehículos obtenidos por sentido desembocan a pesar de su variación y aleatoriedad en unos niveles de servicio entorno a “A” y “B”, muy similares a los obtenidos en el apartado 3.2.3.1 con los datos del aforo manual como base.

Tras observar y comparar los datos obtenidos en el análisis de sensibilidad con los resultantes de tomar como datos de partida los correspondientes al aforo manual llevado a cabo el 27 de enero del presente año, finalmente se puede afirmar que, a pesar de la incertidumbre inherente a una variable como la del porcentaje de vehículos que determinaran usar la variante, los resultados obtenidos a partir de una toma de datos en un día cualquiera son coherentes y realistas, y por tanto, válidos. Esto es así porque aun recopilando una serie de valores correspondientes a la citada variable, aleatorios y

abundantes, se han alcanzado resultados ciertamente similares a los ya calculados lo cual indica que los porcentajes tomados como ciertos no suponen una hipótesis de partida errónea.

Analizando los resultados más detalladamente se observa que únicamente en un 0,08% de los casos iterados el nivel de servicio desciende hasta categoría C manteniendo en el sentido contrario un nivel A, en la mayoría de estos casos el sentido creciente es el más cargado y por tanto el de menor nivel. A su vez, la pareja de valores más habitual es la combinación de los niveles A y B alcanzando un 67,52% del total, dentro de las cuales predomina como sentido más cargado el creciente. Por lo tanto, el tomado como sentido más cargado en el estudio inicial, el creciente, se verifica ya que en las diferentes combinaciones éste alcanza un nivel de servicio de categoría inferior respecto al otro en un alto porcentaje. Además, a esto se le suma la realidad de que dentro de este propio sentido más de un 80% de las iteraciones resultan con nivel “B” tal y como se ha determinado con los datos aforados manualmente.

Por último, en cuanto a las ocasiones en las que se alcanza un nivel A en ambos sentidos se determinan como excepcionales ya que de las 10.000 iteraciones únicamente se alcanza éste en un 0,03%.

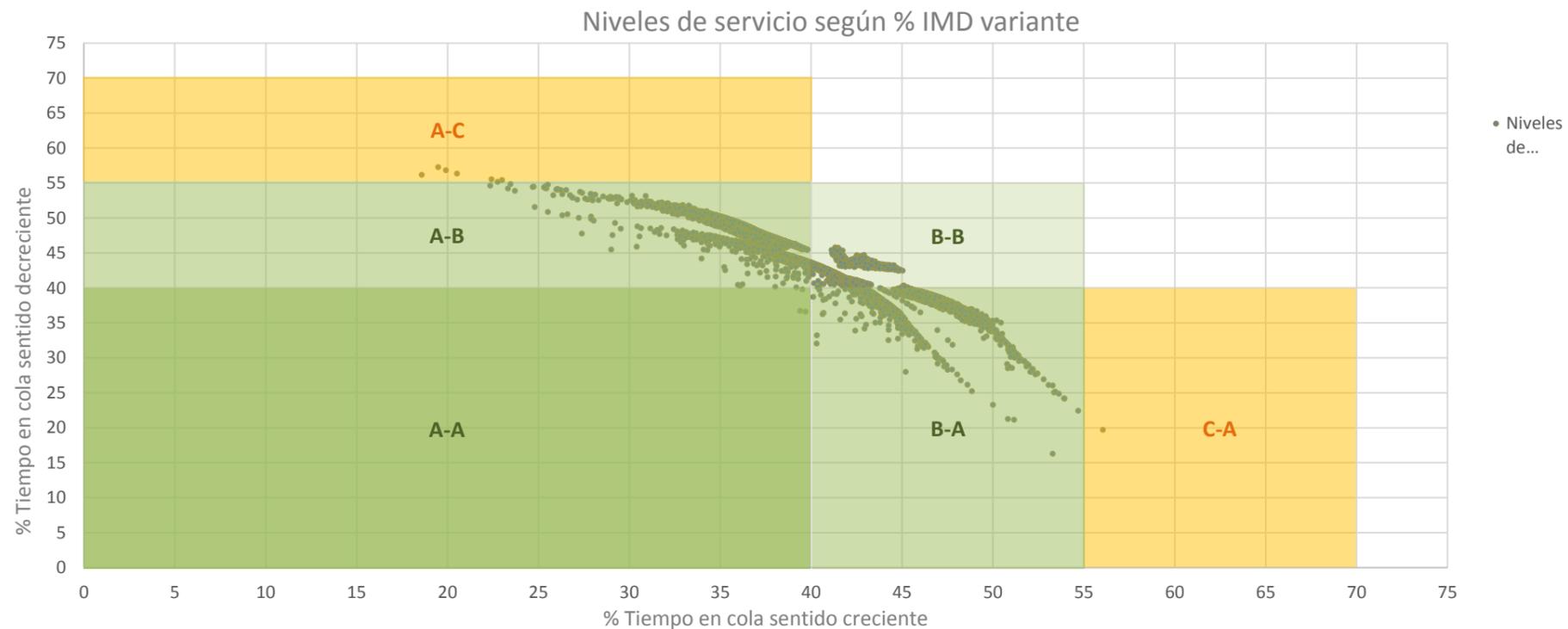


Fig. 13 Representación de los niveles de servicio obtenidos en el análisis de sensibilidad. Fuente: elaboración propia.



APÉNDICE I: DATOS ESTACIÓN AFORO AFÍN



ALTERNATIVA CENTRO

En este apéndice se adjuntan un ejemplo de los dos tipos diferentes de estallidos empleados en la toma de datos del aforo manual.

TFG ESTUDIO VARIANTE FIGUEROLES			ESTUDIO DE ORIGEN Y DESTINO CONTEO DE MATRÍCULAS TRABAJO DE CAMPO			UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		
Fecha (D-M-A) _____			Ubicación: <u>SALIDA OESTE</u>			Croquis		
Hora Inicio _____ Hora Final _____			Estación No. _____			Movimiento No. _____		
Condición Climática _____			Hoja <u>4</u> De _____					
Observador: _____			Supervisor: _____					
HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.	HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.	HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.
8:30	3513 FNP	P	8:55	2059 GVX	L	9:15	3340	L
	1300 F3P	P		878E	P		1343 DPK	L
	4319 CTK	P		9379	L		5569 HLY	L
	2367	L		7563	L		2954 G2M	L
	4652	L		1546	L		9254 F2T	P
	0568 HKF	L		8091	L		1610	P
	CS 0932AP	L		6250	L		870	
	4607	L		2105	L		849	
	8237 D3B	P		3239	L	9:20	6566 G2P	P
	9324 FFL	L		1573	L		992	P
8:35	8374	L		9757	L		562	
	5139	L		4000	L		106	
	0466 BHC	L		5680 DWJ	L		466 KAC	
	0612 CDL	L		1164 PCL	L		3785 GRW	
	4946 G6P	L	9:00	9106	P		6426 BIK	
	0096 FFH	P		2039	L		8404 BVR	
	9103 FLX	L		2117	L		4144 HK2	
8:40	6033	L		CS 4185	L		CS 1352 AS	
	2235	L		2957 HFV	L	9:25	0053 WJ	
	1453	L		9330 CRD	L		0490 AG	
	4100	L		5946	L	9:30	3766 GGW	
	3682	L		0900	L		9279 HLG	
	1775	L		1776	L		1277 H4X	
	1483	L		0454 D2H	L		1979 BAT	
8:45	3413 H2G	L		PGC 1912	L		9329 DLW	
	7325 CPC	P	9:05	7365 HVW	L		9906 FWC	
	8308	L		5084	L	9:35	CS 8094 AV	
	7527	L		1208	L		0208 AT	
	2419 BRR	L		3549	L		6517 CMW	
8:50	CS 6889 AP	L		3843	L		7295 HB2	
	CS 9129 V	L	9:10	9105 CNL	L		6156 CVR	
	2914 T86	L		CS 4033 AP	L		8267 CR6	
	7274	L		7954 B7E	L		7528 GYP	
	2786 HHL	L		3623	L		3681 G2K	
	5962	P		3266	L	9:40	3266	
	2029 HRN	L		1965	L		6160	
	CS 8396 AV	P		2124	L		3341	
TIPOS DE VEHICULOS A OBSERVAR: L: Ligeros P: Pesados			247					
Observaciones _____								
Firma Supervisor: _____			Firma Aforador: _____					

Fig. 14 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto oeste de aforo manual, sentido creciente. Página 1 de 5. Fuente: elaboración grupal.

TFG ESTUDIO VARIANTE FIGUEROLES			ESTUDIO DE ORIGEN Y DESTINO CONTEO DE MATRÍCULAS TRABAJO DE CAMPO			UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		
Fecha (D-M-A) _____			Ubicación: <u>Salida W</u>			Croquis		
Hora Inicio _____ Hora Final _____			Estación No. _____			Movimiento No. _____		
Condición Climática _____			Hoja <u>2</u> De _____					
Observador: _____			Supervisor: _____					
HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.	HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.	HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.
9:40	2236 G2B			2174			1369 HXZ	
9:45	0921 BWS			2997			4493	P
	2354 B2B	P		1407 FNE			2281	
	4920 FMP			2060 GDF			0595	
	(6449 BC (Pinned))			0897 FDX			2657	
9:50	2348 BAX		10:20	9564 F2B		11:00	4005 HCV	P
	3873 BAK			0694 G1M			7365 FLK	P
	842 HBY			1387 HPG			8837 D2B	P
	7277 FGV		10:25	7680 HHZ	P		0086 DRP	
	CS 8237 AL		10:30	1591 OPS			8977	
	423 DFG	P		1484 DAW		11:05	8790 GVZ	
	0072			7629			CS 772 AT	
9:55	4337 HW			2174			6431	
	0754 DCL			1882 GGY		11:10	3487	
	9991 HWX		10:35	5669 F2B			7666	
	CS 2479 AV			8539 FSD			4829	P
	6624 (MOTO)		10:40	8278 D2N			9476	
10:00	6578 G2V			2891 FDD	P		5496	
	CS 4267 AD			3744 HRW			2221	
	7207		10:45	8883 C2P			3004	
	9012			4156 CBS	P		2386	
	2121 HL			2215 HLL			6534	
10:05	0020 5588			1355 G2G			5164	
	MOTO2			5013 DLF		11:15	6630	
	MOTO3 0183			2058 ALT	P		0903	P
	0665 CHD			5990 HED			7170	
	4853 FMT		10:50	V-3278 GS		11:20	1121	P
	4358 B2B	P		3126 GVP			5772	
	5183 DV			808			2941	
	2978 FT			1590 HVP			9306	
	1312 FXP		10:55	3606 GDB	P		2030	
	5473 D2C			BC 87 CLK		11:25	1091	
	9504			8914			4660	
	99256			437T			8110	
	6424 FKX			6090	P		2954	
10:15	2599					11:30	2345	P
TIPOS DE VEHICULOS A OBSERVAR: L: Ligeros P: Pesados								
Observaciones _____								
Firma Supervisor: _____			Firma Aforador: _____					

Fig. 15 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto oeste de aforo manual, sentido decreciente. Página 2 de 5. Fuente: elaboración grupal.



TFG ESTUDIO VARIANTE FIGUEROLES			ESTUDIO DE ORIGEN Y DESTINO CONTEO DE MATRÍCULAS TRABAJO DE CAMPO			UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		
Fecha (D-M-A)			Ubicación: <u>S.G. de W</u>			Croquis		
Hora Inicio _____ Hora Final _____			Estación No. _____ Movimiento No. _____					
Condición Climática <u>SOLEADO</u>			Hoja <u>3</u> De _____					
Observador: <u>Alvarez</u>			Supervisor: <u>Díaz-Miguel</u>					
HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.	HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.	HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.
11:30	1484	L		5813	L		8845	
	5013	L		8186			5295	
	5797	L	17:05	4407			8971	
	7256	L		7235			1658	
11:35	6973	L		9842			0718	
	0612	L		9548	P		7893	
	3866	L		8477			5236	
	8005	L		8303	P	12:25	0330	P
	1766	L		4471			2108	
	8212	L		3813			4130	
	3765	L	12:10	5791			0366	
	4235	L		4331			9156	
	2225	L		8653		12:30	8175	
11:40	2718	P		2069			3729	P
	5982	L		8309			3010	
	4533	L		6761		12:35	1759	
	0752	L		1795			6390	
	8660	L		3045			8148	
	0884	L		3579			5096	
11:45	0398	L		0665			9475	
	2121	L		2665			0632	
	7232	L		6613			6025	
	9587	L		1936	P		6862	
	1262	L	12:15	1712			1482	
	0788	L		2412		12:40	0579	P
	4012	L		9885	P		5591	
	6657	L		2768			4914	
	8045	L		1875		12:45	3557	
11:50	5045	P		7319			3275	P
	7320	L		7434			2771	
	4712	L		5832	P		7213	
11:55	4029	L		7864		12:50	3018	
	3699	L		4402			4655	
	6621	L	12:20	8837	P		3646	
	2791	L		0668			8598	
12:00	8349	L		6511			3216	
	1293	L		0048			5457	
TIPOS DE VEHÍCULOS A OBSERVAR: L: Ligeros P: Pesados								
Observaciones _____								
Firma Supervisor: _____ Firma Aforador: _____								

Fig. 16 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto oeste de aforo manual, sentido decreciente. Página 3 de 5. Fuente: elaboración grupal.

TFG ESTUDIO VARIANTE FIGUEROLES			ESTUDIO DE ORIGEN Y DESTINO CONTEO DE MATRÍCULAS TRABAJO DE CAMPO			UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		
Fecha (D-M-A)			Ubicación: <u>S.G. de W</u>			Croquis		
Hora Inicio _____ Hora Final _____			Estación No. _____ Movimiento No. _____					
Condición Climática <u>SOLEADO</u>			Hoja <u>4</u> De _____					
Observador: _____			Supervisor: _____					
HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.	HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.	HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.
12:50	9081			7239			3517	
	1013			4019			9600	
12:55	2280	P		7626			0966	
13:00	0529			7637	P		4013	
	1318			8117		13:50	1395	
	1363	P		3507			7012	
	7553	P	13:30	1435	P		3867	
	2430			6667	P	13:55	0679	P
13:05	7373			4696			7525	L
	6580	P		8837			5365	
	7878	P		3159			5327	
	6988			8532			4985	P
	6914			3341			1675	
	4655			7997			4214	
	9242			3699			7284	L
	0185			5524			0166	
13:10	2303			0850		14:00	3759	L
	5731	P	13:35	1514			6114	L
	0701	P		1400			1994	
	2661	P		8691			1614	
13:15	3004			3969	P		6849	
	3561			1135			9026	
	5143			4077			9914	
	6661		13:40	8377			6394	
	5494			8697			1297	
13:20	3673			01610 (Veh. 11a SOU)	P	14:05	9825	
	0673			7230			7825	
	1463			2622			6718	
	4082			5645			2326	
	9286			3146			3009	
	1507	P		4985			7365	
	8558			8183		14:10	1300	P
	9649			8258			0722	
	0661			4928 (pedi)			3468	
13:25	6310		13:45	0014		14:15	1360	
	8385			1107			9044	
	5446			7872				
TIPOS DE VEHÍCULOS A OBSERVAR: L: Ligeros P: Pesados								
Observaciones _____								
Firma Supervisor: _____ Firma Aforador: _____								

Fig. 17 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto oeste de aforo manual, sentido decreciente. Página 4 de 5. Fuente: elaboración grupal.



TFG ESTUDIO VARIANTE FIGUEROLES			ESTUDIO DE ORIGEN Y DESTINO CONTEO DE MATRÍCULAS TRABAJO DE CAMPO			UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		
Fecha (D-M-A)			Ubicación: <u>SG. W</u>			Croquis		
Hora Inicio		Hora Final		Estación No.		Movimiento No.		
Condición Climática: <u>SOLEGADO</u>			Hoja <u>5</u> De					
Observador:			Supervisor:					
HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.	HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.	HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.
	6723	P		8483	L			
	3445	L	14:45	5547	L			
	7343	L		2955	P			
	5189	L						
	8000	L						
14:20	0862	L						
	9954	L						
	6317	L						
	2756	L						
	0981	L						
	4078	L						
	7231	L						
14:25	0928	L						
	2722	P						
	4846	L						
	1243	L						
	9943	L						
	1392	L						
	3358	L						
	4436	L						
	6126	L						
14:30	7951	L						
	5025	L						
	5789	L						
	2715	L						
	4396	L						
	2637	P						
	5114	L						
	8257	P						
	3507	L						
	3576	L						
14:35	2367	L						
	2914	L						
14:40	5868	L						
	2010	P						
	8389	L						
	2033	L						
TIPOS DE VEHICULOS A OBSERVAR: L : Ligeros P: Pesados								
Observaciones								
Firma Supervisor: Firma Aforador:								

Fig. 18 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto oeste de aforo manual, sentido decreciente. Página 5 de 5. Fuente: elaboración grupal.

ESTACIÓN DE AFORO (ESTE/ OESTE): <u>ESTE</u>					
OBSERVACIÓN DEL FLUJO (HACIA POBLADO/ HACIA EXTERIOR DE POBLADO): <u>EXTERIOR</u>					
PERSONA QUE AFORA: <u>MARTÍN M</u>					
	LIGEROS			PESADOS	
8:00- 8:15					
8:15- 8:30	9597	1952 BRD	148	3629	3743
8:30- 8:45	2665	8421	945	8101	
	3357-E	7935	778	1096	
	0642	6247	7551		
	5143	9265	3561		
	5982	10106M	3798		
			2722		
8:30- 8:45	5090	6775	0460		5076-AV
	7340	5395	9597		3390-BGM
	4541	1324	7669		2718-FH
	6984	4765	8977		3926
	0432005	5447	0432		
	3208	4837	4322		
		6701			
8:45- 9:00	7236	0440	5919		3297
	0079	7076	9007		4085
	0932	8821	3759		1132
	6322	1742			9476
	8169	6161			
	3511	6188			
	7667	0862			

Página 1 de 6

Fig. 19 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto este del aforo manual, sentido decreciente. Página 1 de 7. Fuente: elaboración grupal.



ESTACIÓN DE AFORO (ESTE/ OESTE):						
OBSERVACIÓN DEL FLUJO (HACIA POBLADO/ HACIA EXTERIOR DE POBLADO):						
PERSONA QUE AFORA: MARTA CM						
	LIGEROS				PESADOS	
9:00-9:15	5606	5771	7325	7667	1596	9354
	3329	7502	1234	7183	2205	1357
	1037	1182	4607	7039	8837	
	3358	6656	9339		0586	
	1279	7248FN	7068		9103	
	2006	3413	9119		7510	
9:15-9:30	0296	7012	5882	7343	4524	
	2326	3337	8071	4374	5644	
	6914	1147	5812	4285	1833	
	1262	2599	0612	8386	9859	
	7045		1000		7751	
			1866			
9:30-9:45	1371	7389	1243	1085	9106	
	6946	9914	0665	0993	5962	
	8539	7629	9166	3709	0096	
	1288	4121	9242		5750	
	5848	4564	2873			
9:45-10:00	7319	3683	8559		8787	
	7067	705	2917		6566	
	9189	5699	8268		9373	
	1573	5892	6621		9354	
	4375	4943				
	2174	4278				
		(1)				

Página 2 de 6

Fig. 20 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto este del aforo manual, sentido decreciente. Página 2 de 7. Fuente: elaboración grupal.

ESTACIÓN DE AFORO (ESTE/ OESTE):						
OBSERVACIÓN DEL FLUJO (HACIA POBLADO/ HACIA EXTERIOR DE POBLADO):						
PERSONA QUE AFORA: MCM						
	LIGEROS				PESADOS	
10:00-10:15	9623	2699	9322			9493
	3682	9279	1245			
	5843	0849	(MAXI C-0583)			
	9565	2850				
	2281	1882				
10:15-10:30	6752	9646(1)	5349	3009		8396
	2757	0759(1)	2430	3101		3513
	2365	0077	2756	9230		
	1737	7641		9142		
	8546	1875	2253	8412		
	9519	8351	7314	7434		
		7045	0504	2754		
10:30-10:45	3146	7835	5711			1610
	0232	3341	5459			
	2388	3147	6312			
	3943	3479	7899			
	1537	9529	4928			
		2648				
10:45-11:00	4655	6924				4273
	1312	5583				3292
	1887	2275				150 ARA
	057755					
	2376					
	2208					
	1882					
	6365					

Página 3 de 6

Fig. 21 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto este del aforo manual, sentido decreciente. Página 3 de 7. Fuente: elaboración grupal.



ESTACIÓN DE AFORO (ESTE/OESTE):				
OBSERVACIÓN DEL FLUJO (HACIA POBLADO/ HACIA EXTERIOR DE POBLADO):				
PERSONA QUE AFORA:				
ESTE HACIA EXTERIOR				
	LIGEROS			PESADOS
11:00-11:15	2695 3484 0985 1511 2236 0614 3716 1482	3887 4650 4727 0086 9592 3088 5423	5325	2508
11:15-11:30	1818 5990 6710 4980 1407 3744 5847	7532 6849 BC 5281 5672 8454 3507 9279	4167 8660 8368 2215 5446 0207 9922 8520 5264	7680 1300 4319 8837
11:30-11:45	1190 6431 4091 9162 2978 9564 4985 7877	7274 5013 9991 4706 4019 8845 7521 4100	7365	2734 9493 4156 4594
11:45-12:00	1349 3648 0981 BC 87 CLK 0630 0466	7326 1484 7256 6190 3005 0845	6574	0799

Página 4 de 6

Fig. 22 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto este del aforo manual, sentido decreciente. Página 4 de 7. Fuente: elaboración grupal.

ESTACIÓN DE AFORO (ESTE/OESTE):				
OBSERVACIÓN DEL FLUJO (HACIA POBLADO/ HACIA EXTERIOR DE POBLADO):				
PERSONA QUE AFORA:				
	LIGEROS			PESADOS
12:00-12:15	5824 0884 9306 9869 2173 4804 8598	7835 9821 7730 6870 3763 5797 1348	2039 0207 7170 1574 4360 4127 0759	3555 4712 5547 0496 4005 0723 8790
12:15-12:30	97256 6562 6657 3243 2225 2791 7207	4012 8644 2021 7627 1632		0029 3606 4727 1293 8745
12:30-12:45	8790 2936 0752 4331 3180 2275 4029	0679 8407 2105 0897 2268 4235 4124	8309 5746 7041 9668 3045 0766 8653	2069 1521 1371 1602 0630
12:45-13:00	3813 2388 8385 0692 4533 0701 2840	0454 4660 0717 8212 1637 4402	3579 2281 5761 8599 9184 6191	4185 0922 2531 3699 1479

Página 5 de 6

Fig. 23 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto este del aforo manual, sentido decreciente. Página 5 de 7. Fuente: elaboración grupal.



ESTACIÓN DE AFORO (ESTE/OESTE):			
OBSERVACIÓN DEL FLUJO (HACIA POBLADO/ HACIA EXTERIOR DE POBLADO):			
PERSONA QUE AFORA:			
LIGEROS		PESADOS	
13:00-13:15	3266, 6831 5099, 0313 9044 7094 2274 4822		
13:15-13:30	6959, 7552, 2121, 4381 6036, 1348, 7635, 5036 1737, 6982, 0016 5643, 4739, 2385 2656, 4130, 6704 5738, 6267, 0465 9254, 2948	9885 5970 2891	
13:30-13:45	6788, 8118, 8404, 2987 2275, 2614, 5821 3416, 4868, 1638 3843, 4908, 1355 0443, 6967, 5293 0335, 9632, 8372 3655, 1089, 7765 5789	2061 7878 2294	
13:45-14:00	3094, 9756 1638, 9682 7057, 0236 2070, 1148 1876, 7864 6901	2730 2637 1668 1507 1435 8837	

Página 6 de 6

Fig. 24 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto este del aforo manual, sentido decreciente. Página 6 de 7. Fuente: elaboración grupal.

LIGEROS		PESADOS	
14:00 1 14:15	0931, 8861, 3489, 5323 6613, 9519, 0155, 8694 3438, 7559, 3183, 4413 5513, 7559, 3183, 4413 9565, 2694, 6945, 6849 9350, 0054, 1400, 6999 2120, 4216, 2475 6497, 9352, 7665	5771 3969 7553 1767	
14:15 1 14:30	5651, 0921, 6939 5494, 9187, 9520 8025, 1952 2474, 5143 6820, 5556 14:15-14:18 4862 7232 1484 0398	0330	

Fig. 25 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto este del aforo manual, sentido decreciente. Página 7 de 7. Fuente: elaboración grupal.



TFG ESTUDIO VARIANTE FIGUEROLES			ESTUDIO DE ORIGEN Y DESTINO CONTEO DE MATRÍCULAS TRABAJO DE CAMPO			UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		
Fecha (D-M-A)		Ubicación: <u>ENTRADA OESTE</u>				Croquis		
Hora Inicio <u>8:30</u> Hora Final _____		Estación No. _____		Movimiento No. _____				
Condición Climática _____		Hoja _____		De _____				
Observador: _____		Supervisor: _____						
HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.	HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.	HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.
8:30	4541 HDV	L		1239 FDS	L		4564 FCM	L
	3340	L		8119	L		1263 FCM	L
	6984 HMT	L		5331	L		00665 AL	L
	3208 EUP	L		2502 HDR	L	9:40	4406 GCR	P
8:35	6225	L	9:05	7284 AFN	L		5962 CMG	P
	5385	L		9810	P		2893 GWF	L
	1324 DRC	L		3413 HZG	L		1065 FNR	L
	4365 EDP	L		7325	P		5484 HMG	P
	5443 GPS	L		1232 JBR	L		7749 FDT	L
	4833 HDX	L		4607 HW	L		8777 HK	P
8:40	3825	P		9354 FZT	P		6566	P
	0160	L	9:10	9339 FLS	L		6319 HZN	L
	2718	P		3668 BTR	L	9:45	09189 V	L
	B-8977-VJ	L		654353 AV	P		9323 FZH	P
	5174 FZT	L		657483	L		1571 GKP	L
	6932	L		9633 HMG	L		4525	L
	4322 DXR	L	9:15	7326	L		7111	
8:45	3297 BIP	P		2974	L		9364 FZT	P
	0440	L		6946 CRJ	L		657673 AV	L
	7013	L		7262 FMR	L		2655 CHP	L
	4085 CGE	P		AB9012 N	L	9:50	5882	L
	1732 HWV	P	9:20	1497 FCI	L		9463 HSB	L
	0849 HTN	L		2599 FVJ	L		658914 AV	L
8:50	CS6183 AG	L		0612 CBL	L	9:55	8558 HDP	L
	1342 HTW	L		CS8682 AJ	L		8268	L
	CS6067 AB	L		1400 DPP	L		6621 AJ	L
	0862 BDP	L	9:25	7343 FBV	L		9423 FTH	L
	3759 DMG	L		4371 BXT	L		3682 DGK	L
8:55	1896 CRJ	P		8356 FCX	L	10:00	5843 CMG	L
	2205	P		0096 FFH	P		4565	L
	8837	P		1381 PLS	L		2221 CS7	L
	5644	P	9:30	CS6346 AV	L		2499	L
9:00	0836	P		8519 ESD	L		9493 CCF	P
	6039	L		2952 HFV	L	10:05	7950	L
	8103	P	9:35	2629 GKT	L		2174 FWB	L
	1614 DFV	L		9916 FTG	L		7195	L
	3358 RMG	L		4121 HLG	L	10:10	9603	L
TIPOS DE VEHICULOS A OBSERVAR: L: Ligeros P: Pesados								
Observaciones: _____								
Firma Supervisor: _____ Firma Aforador: _____								

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

TFG ESTUDIO VARIANTE FIGUEROLES			ESTUDIO DE ORIGEN Y DESTINO CONTEO DE MATRÍCULAS TRABAJO DE CAMPO			UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		
Fecha (D-M-A)		Ubicación: <u>Entrada este</u>				Croquis		
Hora Inicio _____ Hora Final _____		Estación No. _____		Movimiento No. _____				
Condición Climática _____		Hoja _____		De _____				
Observador: _____		Supervisor: _____						
HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.	HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.	HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.
10:10	6424	L		0804928W	L	11:20	3507	L
10:15	2365 DBR	L		P824429U	L		4299	L
	8296	P	10:45	4273 DFC	P		8827	P
	8649	L		7483 D3C	L		4167	L
	0754	L		4655 AM	L		2215	L
	0022	L	10:50	1372 FXD	L		5446	L
	7925 FZL	L		7392 HFTL	L	11:25	8520	L
	5349	L	10:55	7282 GGT	L		5264	L
	2430	L		5765 DCA	L		2660	L
	2756	L		6424 FXK	L		6431	L
	2774	L	11:00	5983 GTH	L	11:30	4091	L
10:20	3577 FMD	P		3494 BAK	L		4493	P
	3009	L		7511 DFS	L		2928	L
	9330	L		7276 GNS	L		9564	L
	0142 HHR	L	11:05	7508 GLT	P		6985	L
	8477 BFD	L		2316	L		7877	L
	2434 AF	L		1492	L	11:35	7274	L
	2954 GZM	L		3887	L		4156	P
	7314	L	11:10	4277	L		5012	L
10:25	7304 FPD	L		0086	L		9991	L
	8357 CLX	L		5423	L		4019	L
	8045 BNR	L		5325	L		8845	L
	7277 DDB	L		7680	P		3004	L
10:30	3746 BT	P		1318	L	11:40	7365	L
	7610 BPP	P		5910	L		2060	L
	0232 HZL	L		6710	L		4185	L
	2847 X	L		4980	L		6090	P
	7825	L	11:15	1407	L		6436	L
	3347 AV	L		3744	L		nota 2624	
10:35	9824	L		5847	L		0612	L
	2648 CBT	L		6849 BC	L		6845	L
10:40	4100	L		1300	P		1349	L
	2924 FWP	L		4319	P		3646	L
	3271 FHX	L		5672	L	11:45	9629	L
	5452 CRD	L		9822	L		0981	L
	8779 LIDL	L		0545	L		BC87CK	L
				8134	L		0630	L
TIPOS DE VEHICULOS A OBSERVAR: L: Ligeros P: Pesados								
Observaciones: _____								
Firma Supervisor: _____ Firma Aforador: _____								

Fig. 27 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto oeste de aforo manual, sentido decreciente. Página 2 de 4. Fuente: elaboración grupal.



ALTERNATIVA CENTRO

TFG ESTUDIO VARIANTE FIGUEROLES			ESTUDIO DE ORIGEN Y DESTINO CONTEO DE MATRÍCULAS TRABAJO DE CAMPO			UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		
Fecha (D-M-A)		Ubicación: <u>Entrada Oeste</u>		Croquis				
Hora Inicio	Hora Final	Estación No.	Movimiento No.					
Condición Climática: <u>Nuboso, viento</u>		Hoja	De					
Observador:		Supervisor:						
HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.	HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.	HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.
11:45	0466	L		2207	L	12:50	5832	P
11:50	3004	L		4012	L		0954	L
	1484	L	12:20	9668	L		4660	L
	7256	L		1293	P		3048	L
11:55	6190	L		768	L		8212	L
	3005	L	12:25	8745	P		3579	L
	0845	L		4235	L		1637	L
	6574	L		1532	L		4902	L
	1121	P		8790	L		2281	P
	6870	L		2936	L		2281	L
	0884	L		0752	L	12:55	5761	L
	9306	L	12:30	4331	L		0788	L
12:00	5797	L		4029	L		2532	L
	9869	L		2866	P		3899	L
	8598	L		0579	L		1479	L
	0703	P		8407	L		2266	L
12:05	7730	L		2105	L	13:00	7	L
	4402	L		9518	P	13:05	9044	L
	9242	L	12:35	2268	L		2274	L
	4085	P		8709	L	13:10	6834	L
	0897	L		5475	L		6306	L
12:10	3763	L		7941	L		4082	L
	1348	L		7829	P		7442	L
	2039	L		3045	L		1135	L
	7130	L		0766	L	13:15	8914	L
	4366	L		2653	L		5643	L
	0759	L	12:40	2069	L		5782	L
	3555	L		1521	L		4085	P
	4712	L		5045	L		9254	L
	5547	L		8186	P		7552	L
	CARAVALLA			0630	L		1342	L
	97256	L	12:45	3813	L		6982	L
	6562	L		8837	P	13:20	4739	L
	6657	L		8325	L		4130	L
12:15	3606	P	12:45	4533	L		6267	L
	2225	L		0701	L		5677	L
	2792	L		2281	L		4514	L
TIPOS DE VEHICULOS A OBSERVAR: L: Ligeros P: Pesados								
Observaciones: _____								
Firma Supervisor: _____ Firma Aforador: _____								

Fig. 28 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto oeste de aforo manual, sentido decreciente. Página 3 de 4. Fuente: elaboración grupal.

TFG ESTUDIO VARIANTE FIGUEROLES			ESTUDIO DE ORIGEN Y DESTINO CONTEO DE MATRÍCULAS TRABAJO DE CAMPO			UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		
Fecha (D-M-A)		Ubicación: <u>Entrada W</u>		Croquis				
Hora Inicio	Hora Final	Estación No.	Movimiento No.					
Condición Climática: _____		Hoja	De					
Observador:		Supervisor:						
HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.	HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.	HORA DE PASO	PLACA No.	TIPO VEH.
	2948	L		9256	L		9173	
	2891	P	13:55	2837	P		1484	
	0845	L		6662	L		0798	
	2121	L		3969	P	14:30	6939	
13:25	0016	L		0236	L		9520	
	3038	L		7264	L		5291	
	2275	L		5271	P		1740	P
13:30	9766	L	14:00	6613	L		comunicado	L
	2061	P		9565	L	14:35	7189	
	4908	L		7563	P		8377	
	6967	L		7559	L		1299	
	4846	L	14:05	9578	L		0532	
13:35	4632	L		2475	L		7867	
	8404	L		0155	L		9255	
	5821	L		2183	L	14:40	9105	
	1632	L		6945	L		8477	
	1355	L		CS-1010	849		9488	
	7878	P		1767	P		0694	
	5114	L	14:10	8694	L		4853	
	5293	L		4443	L		4987	
	9662	L		0921	L		7036	
	5189	L		5651	L		8278	
13:40	7765	L		0330	P	14:45	7323	
	2294	P		5494	L		2158	
	5387	L		8025	L		7597	
	8415	L		2474	L			
	2987	L		9044	L			
	5385	L		9466	L			
13:45	2914	L		0449	L			
	2230	P		0825	P			
	2637	P	14:20	2684	L			
	2070	L		7300	L			
	1507	P		5103	L			
13:50	1976	L		5586	L			
	3004	L		4862	L			
	6662	L		9737	L			
	1435	P	14:25	9042	P			
TIPOS DE VEHICULOS A OBSERVAR: L: Ligeros P: Pesados								
Observaciones: _____								
Firma Supervisor: _____ Firma Aforador: _____								

Fig. 29 Estadillo empleado para la toma de datos en el punto oeste de aforo manual, sentido decreciente. Página 4 de 4. Fuente: elaboración grupal.



APÉNDICE II: TABLAS PARA EL CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO



En este apéndice se recogen las tablas extraídas del Highway Capacity Manual 2010 para el cálculo del nivel de servicio de carreteras clase II.

En primer lugar, se exponen las correspondientes a los factores relacionados con el cálculo de la velocidad en flujo libre.

Factor Equivalencia Camiones (E _c) para el cálculo de velocidad en flujo libre			
Tipo de vehículo	Intensidad direccional* (tur/h)	Perfil longitudinal	
		Llano o pendiente específica	Ondulado
Camiones	≤ 100	1,9	2,7
	200	1,5	2,3
	300	1,4	2,1
	400	1,3	2
	500	1,2	1,8
	600	1,1	1,7
	700	1,1	1,6
	800	1,1	1,4
	≥ 900	1,0	1,3

* Intensidad en hora punta

Tabla 12 Factor equivalencia de pesados para determinar la velocidad en flujo libre.

Fuente: elaboración propia a partir del HCM 2010.

Factor de sección transversal (F _{ST}) para el cálculo de velocidad en flujo libre				
Anchura de carril - A (m)	Reducción de la velocidad libre (km/h)			
	Anchura de arcén - a (m)			
	0,0 ≤ a < 0,6	0,6 ≤ a < 1,2	1,2 ≤ a < 1,8	a ≥ 1,8
2,7 ≤ A < 3,0	10,3	7,7	5,6	3,5
3,0 ≤ A < 3,3	8,5	6	3,9	1,8
3,3 ≤ A < 3,6	7,6	4,8	2,7	0,6
A ≥ 3,6	6,8	4,2	2,1	0,0

Tabla 13 Factor de sección transversal para determinar la velocidad en flujo libre. Fuente: elaboración propia a partir del HCM 2010.

Factor de densidad de accesos (F _A) para cálculo de velocidad en flujo libre	
Densidad de accesos (nº accesos/km en ambas direcciones)	Reducción de la velocidad libre (km/h)
0	0
6	4
12	8
18	12
≥ 25	16

Tabla 14 Factor de densidad de accesos para determinar la velocidad en flujo libre.

Fuente: elaboración propia a partir del HCM 2010.

En segundo lugar, se presentan las tablas necesarias para el cálculo del porcentaje de tiempo en cola.

Factor de pendiente (F _{i,TC}) para cálculo 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 en hora punta

Tabla 15 Factor de pendiente para determinar el % de tiempo en cola. Fuente elaboración propia a partir del HCM 2010.



Factor Equivalencia Camiones (E _c) para el cálculo de % tiempo en cola			
Tipo de vehículo	Intensidad direccional* (tur/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 en hora punta

Tabla 16 Factor equivalencia de pesados para determinar el % de tiempo en cola. Fuente: elaboración propia a partir del HCM 2010.

Coeficientes a y b para cálculo de % tiempo en cola		
Intensidad en la dirección opuesta, I _{do} (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 17 Coeficientes a y b para determinar el % de tiempo en cola. Fuente: elaboración propia a partir del HCM 2010.

Factor de prohibido adelantar y descompensación de sentidos (F _{NA,TC}) para cálculo de % tiempo en cola						
Intensidad, I _T (tur/h)	Tramos con prohibición de adelantamiento (%)					
	0	20	40	60	80	100
Descompensación de sentidos 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	4,7	5,1	5,5	5,7	6,1
Descompensación de sentidos 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	4,0	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
Descompensación de sentidos 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
Descompensación de sentidos 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
Descompensación de sentidos 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 18 F_{NA,TC} para determinar el % de tiempo en cola. Fuente: elaboración propia a partir del HCM 2010.



APÉNDICE III- EVOLUCIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO DE LA VARIANTE



CONCURSO PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE CV-190 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE FIGUEROLES (PROVINCIA DE CASTELLÓN)



ALTERNATIVA CENTRO

AÑO	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
IMD (veh/día)	1872	1898	1926	1954	1982	2010	2039	2069	2098	2129	2159	2190	2222	2254	2286	2319
DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO																
AJUSTE DE LA DEMANDA PARA ESTIMAR % TIEMPO EN COLA (% Tc)																
$I_{d,TC}$ (tur/h)	175	177	179	182	184	186	189	191	194	196	198	201	203	206	209	211
DATOS																
K	10,5%	10,5%	10,5%	10,5%	10,5%	10,5%	10,5%	10,5%	10,5%	10,5%	10,5%	10,5%	10,5%	10,5%	10,5%	10,5%
D_d	52,53%	52,53%	52,53%	52,53%	52,53%	52,53%	52,53%	52,53%	52,53%	52,53%	52,53%	52,53%	52,53%	52,53%	52,53%	52,53%
IHP _d (veh/h)	103	105	106	108	109	111	112	114	116	117	119	121	123	124	126	128
FHP _d	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Factor de pendiente ($F_{i,TC}$)	0,732	0,733	0,734	0,735	0,737	0,738	0,739	0,740	0,741	0,742	0,743	0,745	0,746	0,747	0,748	0,750
Factor de pesados ($F_{p,TC}$)	0,8876	0,8878	0,8879	0,8881	0,8883	0,8885	0,8886	0,8888	0,8890	0,8892	0,8894	0,8896	0,8898	0,8900	0,8902	0,8904
% Camiones ($P_{c,d}$)	14,12	14,12	14,12	14,12	14,12	14,12	14,12	14,12	14,12	14,12	14,12	14,12	14,12	14,12	14,12	14,12
Factor equiv. Camiones (E_c)	1,897	1,895	1,894	1,892	1,891	1,889	1,888	1,886	1,884	1,883	1,881	1,879	1,877	1,876	1,874	1,872
CÁLCULO DEL % TIEMPO EN COLA																
% Tc	48,50	48,81	49,12	49,44	49,76	50,08	50,42	50,77	51,12	51,47	51,85	52,07	52,29	52,50	52,73	52,95
DATOS																
%T _{C,B}	19,187	19,400	19,616	19,833	20,052	20,272	20,494	20,718	20,944	21,173	21,475	21,780	22,088	22,398	22,712	23,027
a	-0,00140	-0,00140	-0,00140	-0,00140	-0,00140	-0,00140	-0,00140	-0,00140	-0,00140	-0,00140	-0,00141	-0,00142	-0,00143	-0,00144	-0,00145	-0,00146
b	0,97300	0,97300	0,97300	0,97300	0,97300	0,97300	0,97300	0,97300	0,97300	0,97299	0,97235	0,97171	0,97106	0,97040	0,96974	0,96907
$I_{d,TC}$	175	177	179	182	184	186	189	191	194	196	198	201	203	206	209	211
$I_{d,o,TC}$	177	180	182	185	188	190	193	195	198	200	203	205	208	210	213	216
D_o	47,47%	47,47%	47,47%	47,47%	47,47%	47,47%	47,47%	47,47%	47,47%	47,47%	47,47%	47,47%	47,47%	47,47%	47,47%	47,47%
IHP _o	93	95	96	97	99	100	102	103	105	106	108	109	111	112	114	116
FHP _o	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Factor de pendiente ($F_{i,TC}$)	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730	0,731	0,732	0,733	0,734	0,735	0,736	0,738	0,739	0,740	0,741
Factor de pesados ($F_{p,TC}$)	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,867	0,867	0,867	0,867	0,867	0,868	0,868
% Camiones ($P_{c,o}$)	17,21	17,21	17,21	17,21	17,21	17,21	17,21	17,21	17,21	17,21	17,21	17,21	17,21	17,21	17,21	17,21
Factor equiv. Camiones (E_c)	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,898	1,897	1,895	1,894	1,892	1,891	1,889	1,888	1,886	1,884
Factor prohibido adelant. y descomp. Sentidos ($F_{NA,TC}$)	58,981	59,226	59,473	59,723	59,977	60,232	60,476	60,723	60,973	61,225	61,394	61,218	61,040	60,860	60,678	60,494
Descomp. Sentidos	Sentido asc	52,53%	Sentido desc	47,47%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
% prohibido adelnatamiento	78,59	78,59	78,59	78,59	78,59	78,59	78,59	78,59	78,59	78,59	78,59	78,59	78,59	78,59	78,59	78,59
NIVEL DE SERVICIO	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B



AÑO	2036	2037	2038	2039	2040
IMD (veh/día)	2353	2386	2421	2456	2491
DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO					
AJUSTE DE LA DEMANDA PARA ESTIMAR % TIEMPO EN COLA (% Tc)					
$I_{d,TC}$ (tur/h)	214	216	219	222	225
DATOS					
K	10,5%	10,5%	10,5%	10,5%	10,5%
D_d	52,53%	52,53%	52,53%	52,53%	52,53%
IHP _d (veh/h)	130	132	134	135	137
FHP _d	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Factor de pendiente ($F_{I,TC}$)	0,751	0,752	0,753	0,755	0,756
Factor de pesados ($F_{P,TC}$)	0,8906	0,8908	0,8910	0,8912	0,8914
% Camiones ($P_{c,d}$)	14,12	14,12	14,12	14,12	14,12
Factor equiv. Camiones (E_c)	1,870	1,868	1,866	1,865	1,863
CÁLCULO DEL % TIEMPO EN COLA					
% Tc	53,17	53,40	53,63	53,86	54,09
DATOS					
%T _{c,B}	23,346	23,667	23,990	24,316	24,644
a	-0,00147	-0,00148	-0,00150	-0,00151	-0,00152
b	0,96839	0,96771	0,96702	0,96632	0,96561
$I_{d,TC}$	214	216	219	222	225
$I_{d_o,TC}$	218	221	224	227	230
D_o	47,47%	47,47%	47,47%	47,47%	47,47%
IHP _o	117	119	121	122	124
FHP _o	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Factor de pendiente ($F_{I,TC}$)	0,742	0,743	0,744	0,746	0,747
Factor de pesados ($F_{P,TC}$)	0,868	0,868	0,869	0,869	0,869
% Camiones (P_{c_o})	17,21	17,21	17,21	17,21	17,21
Factor equiv. Camiones (E_c)	1,883	1,881	1,879	1,878	1,876
Factor prohibido adelant. y descomp. Sentidos ($F_{NA,TC}$)	60,308	60,120	59,930	59,739	59,545
Descomp. Sentidos	--	--	--	--	--
% prohibido adelnatamiento	78,59	78,59	78,59	78,59	78,59
NIVEL DE SERVICIO	B	B	B	B	B

Tabla 19 Evolución del nivel de servicio de la variante desde su puesta en servicio hasta el año horizonte. Fuente: elaboración propia.



7

APÉNDICE IV- NIVELES DE SERVICIO EN LA TRAVESÍA



Las tablas expuestas a continuación pertenecen al *Anejo 3 Análisis de Situación Actual y Propuesta de Mejoras* y muestran los factores escogidos durante el proceso de cálculo del nivel de servicio en la travesía en la situación actual y en el año horizonte, en ambos casos sin considerar la ejecución de la variante estudiada.

		Total	Sentido creciente	Sentido decreciente
Intensidad Media Diaria (veh/día)	IMD	2748	1424	1303
Determinación Nivel Servicio				
Intensidad Horaria Punta	IHP	275	143	131
Intensidad Horaria de Proyecto del máximo sentido	IHP _{ms}	211	117	92
Factor de hora punta	FHP	0,8	0,72	0,72
Intensidades de Demanda para % Tiempo en Cola				
Factor de pendiente para % tiempo en cola	F _{i,TC}	1	1	1
Porcentaje de Camiones	P _c	0,15	0,14	0,16
Factor Equivalencia Camiones	E _c	1,1	1,1	1,1
Factor de pesados para % tiempo en cola	F _{p,TC}	0,986	0,987	0,985
Intensidades de Demanda para % Tiempo en Cola	I _{di,TC}	348,74	202,12	184,05
Porcentaje de Tiempo en Cola de Base				
Coficiente a	a	-0,0014	-0,0014	-0,0014
Coficiente b	b	0,973	0,973	0,973
Porcentaje de Tiempo en Cola de Base	%T _{C,B}	34,088	21,744	20,055
Porcentaje de Tiempo en Cola				
Factor de tramos prohibidos de adelantamiento	F _{NA,TC}	49,4	49,4	49,4
Porcentaje de Tiempo en Cola	%T _C		47,6	43,6
Nivel de Servicio			B	B

Tabla 20 Cálculo del nivel de servicio del tramo este, clase II. Fuente: *Anejo 3 Análisis de Situación Actual y Propuesta de Mejoras*.

		Total	Sentido creciente	Sentido decreciente
Intensidad Media Diaria (veh/día)	IMD	2135	1138	998
Determinación Nivel Servicio				
Intensidad Horaria Punta	IHP	214	114	100
Intensidad Horaria de Proyecto del máximo sentido	IHP _{ms}	159	87	75
Factor de hora punta	FHP	0,46	0,43	0,46
Intensidades de Demanda para % Tiempo en Cola				
Factor de pendiente para % tiempo en cola	F _{i,TC}	1	1	1
Porcentaje de Camiones	P _c	0,15	0,14	0,16
Factor Equivalencia Camiones	E _c	1,1	1,1	1,1
Factor de pesados para % tiempo en cola	F _{p,TC}	0,987	0,987	0,985
Intensidades de Demanda para % Tiempo en Cola	I _{di,TC}	477,08	272,35	224,19
Porcentaje de Tiempo en Cola de Base				
Coficiente a	a	-0,0014	-0,0014	-0,0014
Coficiente b	b	0,973	0,973	0,973
Porcentaje de Tiempo en Cola de Base	%T _{C,B}	43,19	27,944	23,753
Porcentaje de Tiempo en Cola				
Factor de tramos prohibidos de adelantamiento	F _{NA,TC}	49,4	49,4	49,4
Porcentaje de Tiempo en Cola	%T _C		55,92	46,78
Nivel de Servicio			C	B

Tabla 21 Cálculo del nivel de servicio del tramo oeste, clase II. Fuente: *Anejo 3 Análisis de Situación Actual y Propuesta de Mejoras*.



Intensidades de Demanda para Velocidad Media				
Factor de pendiente para Velocidad Media	$F_{i,TC}$	1	1	1
Porcentaje de Camiones	P_c	0,15	0,14	0,16
Factor Equivalencia Camiones	E_c	1,9	1,9	1,9
Factor de pesados para Velocidad Media	$F_{p,VM}$	0,886	0,894	0,877
Intensidades de Demanda para Velocidad Media	$I_{di,VM}$	349,57	200,99	186,11
Velocidad Flujo Libre				
Factor de Pesados	F_p	0,88508208	0,8931832	0,87626304
Velocidad Media en Carretera (Aforada)	$V_{M,af}$	32,82	-	-
Intensidad Total Horaria (turismo/h)	I_T	97,9659624		
Velocidad Flujo Libre	V_L	34,3		
Velocidad Media de Recorrido				
Factor de corrección por prohibición del adelantamiento	$F_{NA,VM}$	2,69		
Velocidad Media de Recorrido	V_M	26,68		
Porcentaje de Velocidad Libre				
Porcentaje de Velocidad Libre	$\%V_L$	0,77988483		
Nivel de Servicio		C		

Tabla 22 Cálculo del nivel de servicio del tramo urbano, clase III. Fuente: *Anejo 3 Análisis de Situación Actual y Propuesta de Mejoras.*



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



ANEJO N°8

ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL

**CONCURSO PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE CV-190 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE FIGUEROLES (PROVINCIA DE CASTELLÓN).
ALTERNATIVA CENTRO**



ANEJO 8: ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL

ÍNDICE

1. OBJETO.....	5
2. LA SEGURIDAD VIAL EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VARIANTE	5
2.1. Introducción a la Consistencia. Metodología empleada	5
2.1.1. Tramificación	5
2.1.2. Métodos basados en la velocidad de operación.....	6
2.1.2.1. Velocidad de operación. Concepto.....	6
2.1.2.2. Modelos de velocidad de operación	7
2.1.2.2.1. Curvas.....	7
2.1.2.2.2. Rectas.....	7
2.1.2.2.3. Tasas de aceleración y deceleración	8
2.1.2.2.4. Perfiles de velocidad de operación. Metodología.....	8
2.1.2.3. Evaluación de la consistencia	9
2.1.2.3.1. Métodos locales	9
2.1.2.3.2. Métodos globales	10
2.2. Trazados considerados.....	10
3. DISEÑO GEOMÉTRICO DEFINITIVO.....	11
3.1. Perfil de velocidad de operación	12
3.2. Consistencia.....	14
3.2.1. Local.....	14
3.2.2. Global	14
3.2.3. Conclusiones.....	15
3.3. Consistencia en los nudos	15
3.4. Análisis de visibilidad	16
3.5. Estimación del número de accidentes.....	20
3.5.1. Introducción.....	20
3.5.1. Cálculo.....	21



3.6. Análisis de los márgenes de la variante	22
3.6.1. Barreras de seguridad	23
3.6.2. Cunetas	25
3.6.3. Tratamiento de accesos.....	25
3.7. Moderadores del tráfico.....	26
3.7.1. Introducción y medidas contempladas.....	26
3.7.2. Elección de moderadores del tráfico.....	28

APÉNDICE I: TRAZADOS CONSIDERADOS

APÉNDICE II: ESTUDIO DE LA VISIBILIDAD



ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Representación de la tramificación de la variante empleando el parámetro CCR. Fuente: elaboración propia..... 6

Fig. 2 Perfil de velocidad de operación de la alternativa centro en el sentido decreciente (Prueba de trazado III). Fuente: elaboración propia. 9

Fig. 3 Esquema del proceso iterativo llevado a cabo en el diseño geométrico. Fuente: asignatura *Caminos y aeropuertos*, 3º GIC, UPV (2014). 10

Fig. 4 Trazado definitivo de la variante de la CV-190 a su paso por Figueroles, alternativa centro (sentido creciente de los P.K. de este a oeste). Fuente: *Anejo 5 Diseño geométrico*. 11

Fig. 5 Perfil definitivo de velocidad de operación, sentido creciente. Fuente: elaboración propia. 13

Fig. 6 Perfil definitivo de velocidad de operación, sentido decreciente. Fuente: elaboración propia. 13

Fig. 7 Vista general del trazado definitivo y los puntos de entronque. Fuente: *Anejo 6 Diseño de los nudos*. 15

Fig. 8 Detalle del nudo este, ubicado en el P.K. 0+429,23, en la curva 2. Fuente: *Anejo 6 Diseño de los nudos*. 16

Fig. 9 Detalle del nudo oeste, en el P.K. 3+071,89, en la curva 9. Fuente: *Anejo 6 Diseño de los nudos*. 16

Fig. 10 Simulación de recorrido de la variante en sentido creciente para cálculo de visibilidad de parada. Fuente: AutoCAD Civil3D. 17

Fig. 11 Ejemplo de tramo despejado en AutoCAD Civil3D. Fuente: elaboración propia. ... 18

Fig. 12 Gráfico comparativo de visibilidad y distancia de parada definitivo, sentido creciente. Fuente: elaboración propia..... 19

Fig. 13 Gráfico comparativo de visibilidad y distancia de parada definitivo, sentido decreciente. Fuente: elaboración propia. 19

Fig. 14 Factores concurrentes en la siniestralidad. Fuente: asignatura *Seguridad vial*, 4º GIC UPV, 2015. 20

Fig. 15 Vista general del tramo de la CV-190 actual en el cual se ha estudiado la siniestralidad. Fuente: Goolge Earth. 21

Fig. 16 Características de barrera de seguridad tipo BMSNA2/120ª. Fuente: catálogo de sistemas de contención de Asebal. 23

Fig. 17 Distancia mínima entre una barrera de seguridad metálica y un desnivel (d_n). Fuente: Orden Circular 28/2009. 24

Fig. 18 Esquemas de algunos dispositivos para protección de paso salvacunetas. Fuente: Orden circular 35/2014. 25

Fig. 19 Mediana pintada en Almussafes (valencia). Fuente: Google Earth. 27

Fig. 20 Ejemplo de Chevron (izquierda) y Dientes de dragón (derecha) en el municipio de Bélgida (valencia). Fuente: Google Earth..... 27

Fig. 21 Ejemplo de BTA en Cuenca. Fuente: Google Earth. 28

Fig. 22 Trazado I: diseño geométrico de la variante. Fuente: *Anejo 5 Diseño geométrico*. 30

Fig. 23 Trazado I: perfil de velocidad operación en el sentido creciente. Fuente: elaboración propia. 31

Fig. 24 Trazado I: perfil de velocidad de operación en el sentido decreciente. Fuente: elaboración propia..... 31

Fig. 25 Trazado II: diseño geométrico de la variante. Fuente: *Anejo 5 Diseño geométrico*. 33

Fig. 26 Trazado II: perfil de velocidad operación en el sentido creciente. Fuente: elaboración propia. 34

Fig. 27 Trazado II: perfil de velocidad operación en el sentido decreciente. Fuente: elaboración propia..... 34

Fig. 28 Trazado III: diseño geométrico de la variante. Fuente: *Anejo 5 Diseño geométrico*. 36

Fig. 29 Trazado III: perfil de velocidad operación en el sentido creciente. Fuente: elaboración propia..... 37

Fig. 30 Trazado III: perfil de velocidad operación en el sentido decreciente. Fuente: elaboración propia..... 37

Fig. 31 Trazado IV: diseño geométrico de la variante. Fuente: *Anejo 5 Diseño geométrico*. 39

Fig. 32 Trazado IV: perfil de velocidad operación en el sentido creciente. Fuente: elaboración propia..... 40

Fig. 33 Trazado IV: perfil de velocidad operación en el sentido decreciente. Fuente: elaboración propia..... 40

Fig. 34 Gráfico comparativo visibilidad/distancia de parada, sentido decreciente. Fuente: elaboración propia..... 43

Fig. 35 Gráfico comparativo visibilidad/distancia de parada, sentido decreciente. Fuente: elaboración propia..... 43



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores del coeficiente de rozamiento transversal movilizado en función de la velocidad específica. Fuente: Instrucción de carreteras, Norma 3.1-IC. 7

Tabla 2 Umbrales de consistencia para el criterio I de Lamm. Fuente: elaboración propia a partir del criterio indicado. 9

Tabla 3 Umbrales de consistencia para el criterio II de Lamm. Fuente: elaboración propia a partir del criterio indicado. 9

Tabla 4 Umbrales de consistencia global según el Método de Camacho-Torregrosa et al (2013, 2014). Fuente: elaboración propia a partir del criterio indicado. 10

Tabla 5 Tabla comparativa de los trazados considerados, parte I. Fuente: elaboración propia. 11

Tabla 6 Tabla comparativa de los trazados considerados, parte II. Fuente: elaboración propia. 11

Tabla 7 Estado de alineaciones correspondiente al trazado definitivo. Fuente: elaboración propia a partir del *Anejo 5 Diseño geométrico*. 12

Tabla 8 Consistencia local del trazado definitivo según Lamm I. Fuente: elaboración propia. 14

Tabla 9 Consistencia local del trazado definitivo según Lamm II. Fuente: elaboración propia. 14

Tabla 10 Cálculo de las tasas de deceleración según el perfil de operación y la expresión (8). Fuente: elaboración propia. 15

Tabla 11 Consistencia global del trazado definitivo según el Método de Camacho. Fuente: elaboración propia. 15

Tabla 12 Puntos kilométricos de la variante en los que entronca la actual carretera CV-190. Fuente: elaboración propia. 15

Tabla 13 Coeficientes de rozamiento longitudinal. Fuente: Instrucción de Trazado. 17

Tabla 14 Tramos en los que se han llevado a cabo los despejes. Fuente: elaboración propia. 18

Tabla 15 Estimación de accidentes para la situación 1. Fuente: elaboración propia. 22

Tabla 16 Estimación de accidentes para la situación 2. Fuente: elaboración propia. 22

Tabla 17 IMD de la travesía según la situación y el periodo considerado. Fuente: elaboración propia. 22

Tabla 18 Estimación de accidentes en la variante para el año de puesta en servicio (izquierda) y el Año Horizonte (derecha). Fuente: elaboración propia. 22

Tabla 19 Porcentaje de reducción de accidentes tras la ejecución de la variante. Fuente: elaboración propia. 22

Tabla 20 Simbología empleada para resaltar deficiencias en la consistencia local. Fuente: elaboración propia. 30

Tabla 21 Trazado I: consistencia local según el criterio de Lamm I. Fuente: elaboración propia. 32

Tabla 22 Trazado I: consistencia local según el criterio de Lamm II. Fuente: elaboración propia. 32

Tabla 23 Trazado II: consistencia local según el criterio de Lamm I. Fuente: elaboración propia. 35

Tabla 24 Trazado II: consistencia local según el criterio de Lamm II. Fuente: elaboración propia. 35

Tabla 25 Trazado IV: consistencia local según el criterio de Lamm II. Fuente: elaboración propia. 41



1. OBJETO

El presente anejo tiene como fin último el estudio y mejora de la seguridad vial de la alternativa centro de la variante CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles.

El motivo que ha llevado a su redacción no es otro que la comprensión de que una carretera no se puede determinar cómo segura únicamente con el cumplimiento de la normativa técnica, ya que esto es condición necesaria pero no suficiente.

Se ha buscado pues, garantizar en la medida de lo posible un nivel de seguridad óptimo para la puesta en servicio de la futura variante. Para ello, se ha llevado a cabo un trabajo conjunto con el responsable del diseño geométrico de la alternativa centro durante la concepción del trazado, hecho que aporta un valor añadido a la fase de diseño.

Como se muestra a continuación, se han tratado aspectos tales como niveles de consistencia, perfiles de velocidad de operación o visibilidad.

2. LA SEGURIDAD VIAL EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VARIANTE

En primer lugar, es importante remarcar que el proceso seguido en el *Anejo 5 Diseño geométrico*, que desemboca en el diseño definitivo de la carretera estudiada, es iterativo y tal como se ha planteado en este proyecto, requiere de un feedback entre las diferentes partes que componen el grupo de trabajo. Ya se ha dejado entrever que en lo correspondiente a este anejo, durante la concepción del trazado se ha ido analizando la consistencia con el fin de que no solo se consiguiera cumplir la Instrucción de Trazado, si no que a su vez se alcanzaran unos niveles seguridad en ese aspecto lo más viables posibles teniendo en cuenta las diferentes restricciones existentes.

2.1. Introducción a la Consistencia. Metodología empleada

La intención de este subapartado no es otra que aclarar el término de consistencia y especificar los criterios concretos empleados en el desarrollo del presente trabajo. Se cree importante remarcar la novedad que supone el empleo de este concepto en la fase de diseño de carreteras ya que ni tan siquiera se encuentra recogido en la actual Instrucción de carreteras española (Norma 3.1 –IC). A pesar de ello, es necesario su desarrollo e implantación en la metodología habitual de la concepción de carreteras, ya que aporta un plus de seguridad y fiabilidad al trazado.

Así pues, se entiende por consistencia el grado de adecuación entre las expectativas de los conductores y el comportamiento de la vía. Con lo cual, el objetivo final en la concepción de una nueva carretera debería ser obtener un diseño geométrico consistente, que no es más que la capacidad de la geometría de la vía para satisfacer las expectativas del conductor y evitar, así, maniobras bruscas que puedan derivar en accidentes. Se diferencian dos tipos de expectativas: *a priori*, es decir, creadas a partir de la experiencia propia de cada conductor; y *ad hoc*, aquellas nacidas a partir del recorrido que se hace por

la propia carretera. Por último como presentación del concepto se distinguen diversas formas de evaluar la consistencia de una vía:

- Métodos basados en la velocidad de operación
 - Métodos locales
 - Métodos globales
- Métodos basados en la estabilidad vehicular
- Métodos basados en índices de trazado
- Métodos basados en la evaluación de la carga de trabajo
- Otros métodos

Puesto que éste es un trabajo académico, lo cual implica unos recursos limitados, se ha optado por llevar a cabo el análisis basado en los métodos relacionados con la velocidad de operación. Además éstos son los más extendidos y fiables. Los basados en los índices de trazado tampoco son costosos pero de todos modos se ha optado por análisis basados en la velocidad de operación ya que, como se ha dicho, son los más empleados gracias a su actualidad y buenos resultados.

Consecuentemente, en el estudio de la consistencia de cada propuesta de trazado se ha empleado como indicador del comportamiento de los conductores la velocidad de operación, la cual se define como la velocidad a la que circulan el percentil 85 de los conductores que recorren la carretera. Se detalla en mayor profundidad en el apartado 2.1.2.1.

2.1.1. Tramificación

En primer lugar, antes de proceder de manera más detallada con los pasos seguidos para el análisis de la consistencia del nuevo trazado de la CV-190, se hace imprescindible destacar el hecho de que a la hora de evaluar la consistencia global se ha de proceder en tramos homogéneos para obtener un resultado coherente. A las características propias de un tramo en sí se une la cuestión de que al considerar tramos homogéneos se permite la aplicación posterior de herramientas propias de la seguridad vial como son la Safety Purance Function (se verán con mayor detalle en la estimación del número de accidentes, apartado 3.5). Además, a cada uno de estos tramos se le asocia una velocidad de proyecto determinada.

Como sucede con otras cuestiones, la Instrucción de Trazado cita la existencia de diferentes tramos a lo largo de una carretera pero no proporciona las herramientas necesarias para su delimitación. Consecuentemente en este trabajo se ha empleado el Método Alemán para la tramificación de la variante, el cual se basa en el criterio geométrico para la división. Otros criterios básicos a los que puede atender la tramificación son la funcionalidad y la operación.



Centrando la atención en la geometría de la vía, se emplea como ya se ha dicho, el conocido como Método Alemán, comúnmente llamado CCR, debido a que se basa principalmente en el uso del parámetro Curvature Change Rate (CCR). Dicho parámetro se encarga de medir la sinuosidad de la carretera y tiene unas unidades de gonios por kilómetro:

$$CCR = \frac{\sum |\gamma_i|}{L} \quad (1)$$

Siendo:

γ_i : ángulo girado por cada elemento (gonios)

L: longitud total de la porción de carretera considerada (km)

Así pues, el valor obtenido para el parámetro CCR es de 98.11 gon/km. Para una mejor comprensión de éste se resalta el hecho de que al hacer referencia a la sinuosidad de la carretera, un valor nulo se asocia a un trazado totalmente recto. Los valores inferiores a 180 se consideran adecuados en este tipo de carreteras.

A pesar de conocer el valor del parámetro, no es hasta que se representa el gráfico que es posible proceder a la división en tramos homogéneos de la vía tratada. El gráfico en cuestión contempla en el eje de abscisas los puntos kilométricos y en el de ordenadas el ángulo de deflexión acumulado a lo largo de éstos. Una vez representado, se divide la carretera en tramos cuya pendiente sea similar teniendo en cuenta que dichos tramos deben tener una longitud mínima de 2 km. Este hecho ha dificultado o coartado el uso de este parámetro para la tramificación de la futura variante ya que la longitud total excede por poco los 3 kilómetros, pero de todos modos se ha llevado a cabo su análisis con el fin de asegurar que realmente todo el conjunto conforma un tramo homogéneo. A este respecto, se presenta en la Fig. 1 el gráfico resultante correspondiente al trazado definitivo, mostrando que de manera general se ha conseguido una pendiente similar a lo largo del recorrido. De esta manera se puede declarar que se trabaja de ahora en adelante con un tramo homogéneo en lo que respecta al trazado definitivo.

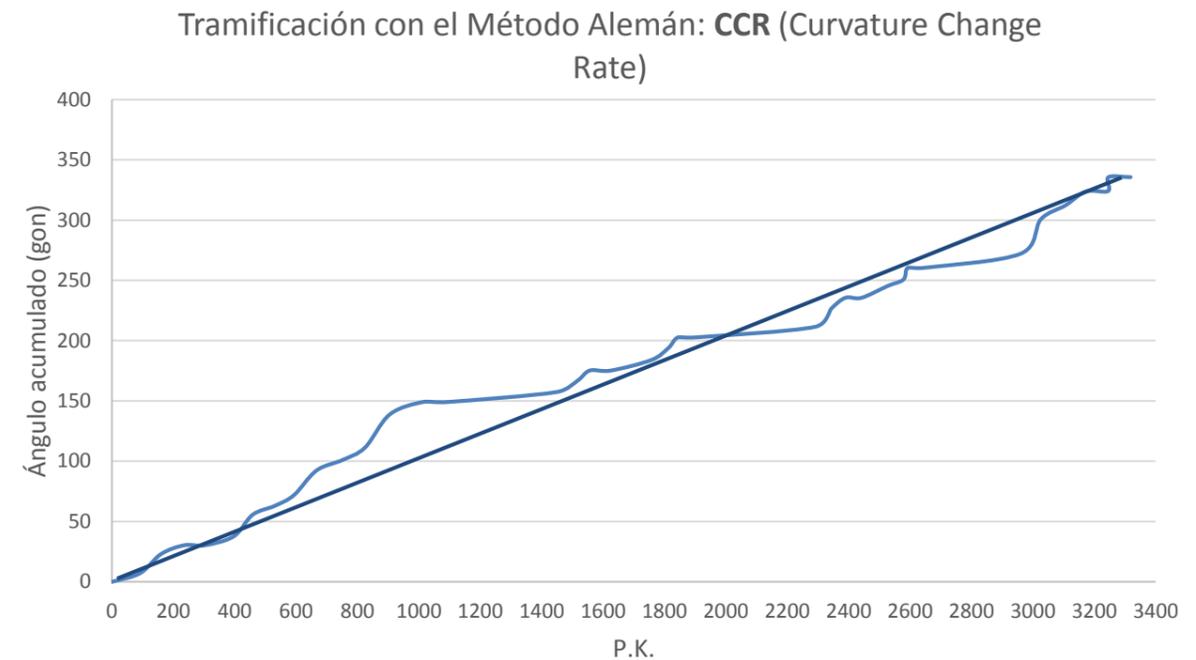


Fig. 1 Representación de la tramificación de la variante empleando el parámetro CCR.

Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Métodos basados en la velocidad de operación

2.1.2.1. Velocidad de operación. Concepto

Si bien la Instrucción de Trazado recoge varias definiciones de velocidades diferentes, en ningún momento aparece reflejado el concepto de velocidad de operación. En todo caso lo aproxima a lo que se define como velocidad específica, de forma errónea. Es cierto que ésta también hace referencia a la velocidad concreta de un elemento del trazado pero entendida como una limitación física ligada a la geometría de la vía en ese punto exacto, a lo que se suma el hecho de únicamente es válida para curvas, siendo inexistente en rectas.

Otro término que queda plasmado en la Norma 3.1-IC es el de velocidad de proyecto de un tramo entendida como *“aquella que permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado, en condiciones de comodidad y seguridad”*. Siendo ésta una definición correcta pero sin instrumentos suficientes para su implementación. Cabe decir, que lo que en España se conoce como velocidad de proyecto, de manera internacional se puede asemejar a la velocidad de diseño, la cual es elegida por el ingeniero para el proyecto del trazado, ya que influye en parámetros como los radios mínimos o longitudes de las rectas. Tiene como objetivo conseguir tramos de carretera homogéneos desde el punto de vista técnico, de ahí su importancia y la necesidad de que el ingeniero la determine adecuadamente. De esta manera se consigue un correcto dimensionamiento de ciertos elementos del trazado y una correcta continuidad entre los diferentes tramos de una misma carretera. En este caso se ha considerado como velocidad de proyecto o diseño 60 km/h,



a pesar de ser ésta, en varios conceptos en los que se ha requerido su uso se ha optado por un uso del promedio de velocidades de operación, siendo este valor más próximo a la realidad.

Una vez conocidas las velocidades contempladas actualmente en la Instrucción, solo queda definir la velocidad de operación: velocidad a la que operan los conductores, variable a medida que éstos recorren la carretera, es decir, sí que depende de las limitaciones físicas de la vía y su entorno como la específica pero añade la voluntad de los conductores a su concepción. Depende de la geometría, entorno y factores sociales y estadísticamente suele definirse como el percentil 85 de la distribución de velocidad a la que circulan los vehículos ligeros en condiciones de flujo libre (separación entre vehículos de, al menos, 5 segundos). Existen dos maneras diferentes de determinarla en función de la situación en que se encuentre la vía, en caso de estar ya en servicio es más conveniente optar por la medición directa pero si ésta se encuentra en fase de diseño, como sucede con la actuación estudiada, se emplean modelos de velocidad de operación.

En lo referente a la velocidad de operación, es importante conocerla y emplearla adecuadamente ya que permite conocer y prever en cierto modo el comportamiento de los conductores. Asimismo, a través de otras herramientas relacionadas con la materia de seguridad vial se puede emplear en la estimación del número de accidentes o para conocer el tiempo de recorrido. Todo esto desemboca en un mejor diseño de la futura vía.

2.1.2.2. Modelos de velocidad de operación

Como ya se ha dicho, son el instrumento para llegar a conocer la velocidad de operación de cada elemento que conforma o va a conformar el trazado. Se diferencia entre los modelos empleados en curvas y aquellos usados en rectas.

2.1.2.2.1. Curvas

En cuanto a los modelos de velocidad de operación para curvas circulares existen diferentes formulaciones empíricas creadas por autores tales como Lamm et al. (1990), Kanellaidis et al. (1990), o Fitzpatrick et al. (2000). Concretamente, el modelo empleado para las curvas de la futura variante es el desarrollado por Pérez-Zuriaga et al. (2010), el más reciente de todos los presentados y el cual hace una diferenciación en función del radio como muestra la expresión (2).

$$v_{85} = 97,4254 - \frac{3310,94}{R}; 400 \text{ m} < R \leq 950 \text{ m}$$

$$v_{85} = 102,048 - \frac{3990,26}{R}; 70 \text{ m} < R \leq 400 \text{ m} \tag{2}$$

Sabiendo que:

v_{85} : velocidad de operación en la curva (km/h)

R: radio de la curva (m)

En caso de presentarse una curva con radio no incluido dentro de estos intervalos, la velocidad empleada será la específica propuesta en la Instrucción de Trazado (3).

$$v^2 = 127 \cdot R \cdot (f_t + \frac{p}{100}) \tag{3}$$

Siendo:

v: velocidad específica (km/h)

R: radio de la circunferencia (m)

f_t : coeficiente de rozamiento transversal movilizadado (Tabla 1)

p: peralte (%)

V (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
f_t	0,180	0,166	0,151	0,137	0,122	0,113	0,104	0,096	0,087	0,078	0,069	0,060

Tabla 1 Valores del coeficiente de rozamiento transversal movilizadado en función de la velocidad específica. Fuente: Instrucción de carreteras, Norma 3.1-IC.

En estos modelos se asume la hipótesis de velocidad constante en todo el tramo circular donde los conductores tienen poca libertad de elección de la misma, en gran parte por las restricciones físicas que le son inherentes a la curva. En general las velocidades en estos elementos del trazado siguen una distribución normal y aunque si es verdad que la variabilidad de velocidades es poca entre los diferentes conductores, existe una ligera variabilidad geográfica, razón que se añade a la elección del modelo Pérez-Zuriaga et al. (2010) desarrollado en la red viaria de la Comunidad Valenciana. A este modelo se le atribuyen altos valores de R^2 , 76% y 84% para las expresiones mostrados en (2) respectivamente, lo cual implica un grado de fiabilidad considerable.

2.1.2.2.2. Rectas

Los modelos desarrollados para estos elementos generalmente hacen la siguiente diferenciación: rectas independientes, siendo éstas en las que no existen limitaciones geométricas que coarten al conductor en la elección de la velocidad, con bajos valores de R^2 y que conllevan una gran variabilidad geográfica; y por otro lado, rectas dependientes, que presentan la principal diferencia en el condicionamiento de la velocidad por las curvas adyacentes. Una afirmación muy cierta, ya se trate de un tipo u otro de rectas, es que se obtiene un conjunto de velocidades muchas más disperso que en el caso de las curvas circulares.

De nuevo, vuelven a existir diferentes modelos con sus respectivas formulaciones y parámetros pero con el fin de mantener una homogeneidad en los criterios empleados y a raíz de la elevada variabilidad geográfica se ha optado por emplear el modelo también desarrollado por Pérez-Zuriaga et al. en 2010 cogiendo una muestra de la red viaria de la



Comunidad, en este caso se le atribuye un valor de R^2 del 52% valor habitual en las estimaciones de velocidades en rectas.

$$v_{85} = v_{85c} + (1 - e^{-\lambda \cdot L}) \cdot (110 - v_{85c}) \quad (3)$$

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

Siendo:

v_{85} : velocidad de operación de la recta (km/h)

v_{85c} : velocidad de operación de la curva anterior según el sentido de análisis (km/h)

R: radio de la curva anterior según el sentido de análisis (m)

Observando las expresiones anteriores se hace evidente la necesidad de una curva anterior para obtener la velocidad en la recta, es esta la razón por la cual a pesar de comenzar el trazado en este tipo de elemento es imprescindible conocer al menos el radio de la curva anterior, perteneciente a la carretera ya existente. Además considerarlas permite evaluar, al tiempo, la continuidad del nuevo trazado con el antiguo.

2.1.2.2.3. Tasas de aceleración y deceleración

Una vez conocidas las velocidades de operación de cada uno de los elementos que componen la traza de la carretera, únicamente queda conocer las diferentes tasas de aceleración y deceleración que permiten al conductor pasar de una velocidad a otra durante su recorrido. Estas tasas pueden depender o no de parámetros geométricos en función del autor y el estudio seguido. Es muy importante conocer el modo de aplicación de las tasas empleadas ya que cada formulación puede tener una aplicación diferente. En este caso también se han escogido criterios desarrollados en la Universitat Politècnica de València con el fin de conseguir unos perfiles más coherentes en su conjunto, se trata de tasas de aceleración (4) y de deceleración (5) estimadas como un percentil 85 de las desarrolladas habitualmente por los conductores de la Comunidad Valenciana cuando circulan a la velocidad de operación:

$$a_{85} = 0,41706 + \frac{65,93588}{R} \quad (\text{m/s}^2) \quad (5)$$

$$d_{85} = 0,313 + \frac{114,436}{R} \quad (\text{m/s}^2) \quad (6)$$

Donde:

a_{85} : tasa de aceleración (m/s^2)

d_{85} : tasas de deceleración (m/s^2)

R: radio de la curva analizada (m)

La primera de ella ha sido desarrollada por Pérez-Zuriaga et al. (2010); mientras que la segunda, por Camacho-Torregrosa et al (2011).

2.1.2.2.4. Perfiles de velocidad de operación. Metodología

Llegados a este punto solamente es necesario unir las velocidades de los elementos aplicando la correspondiente tasa, importante remarcar que en el desarrollo del perfil se hace metro a metro y que siempre se parte del elemento con menor velocidad, generalmente las curvas circulares pero no siempre. En caso de que el elemento de menor velocidad sea una recta, tal y como se ha dicho, se parte de ésta y su velocidad hasta alcanzar la velocidad correspondiente a la siguiente curva aplicando la tasa de aceleración o deceleración correspondiente a dicha curva. Otro caso que difiere de lo habitual es el que se presenta en caso de existir curvas consecutivas sin recta intermedia, en esta situación se sigue el criterio de partir del elemento con la velocidad de operación más reducida y se aplica la tasa de aceleración o deceleración correspondiente al elemento del que se parte.

A lo largo de la longitud de curvas circulares la velocidad de manera general se mantiene constante mientras que habitualmente el recorrido de las clotoides son los tramos destinados a las variaciones de velocidad, aunque en caso de no alcanzar la velocidad que el elemento circular o recto permite se admite seguir la aceleración/deceleración en el mismo. Durante el proceso de construcción del perfil, en este caso concreto, ha sido fácil apreciar que no siempre se consigue alcanzar la velocidad de operación que las rectas permiten, ya que es en estos elementos donde el conductor posee una mayor libertad y voluntad de alcanzar elevadas velocidades. La concepción del perfil, pues, ayuda a comprender que aunque a primera vista las velocidades entre elementos pueden parecer inconsistentes al tratarlos de forma aislada, una vez se evalúan de forma conjunta se estima que difícilmente los conductores de forma habitual van a conseguir alcanzarlas al no disfrutar de recorrido suficiente.

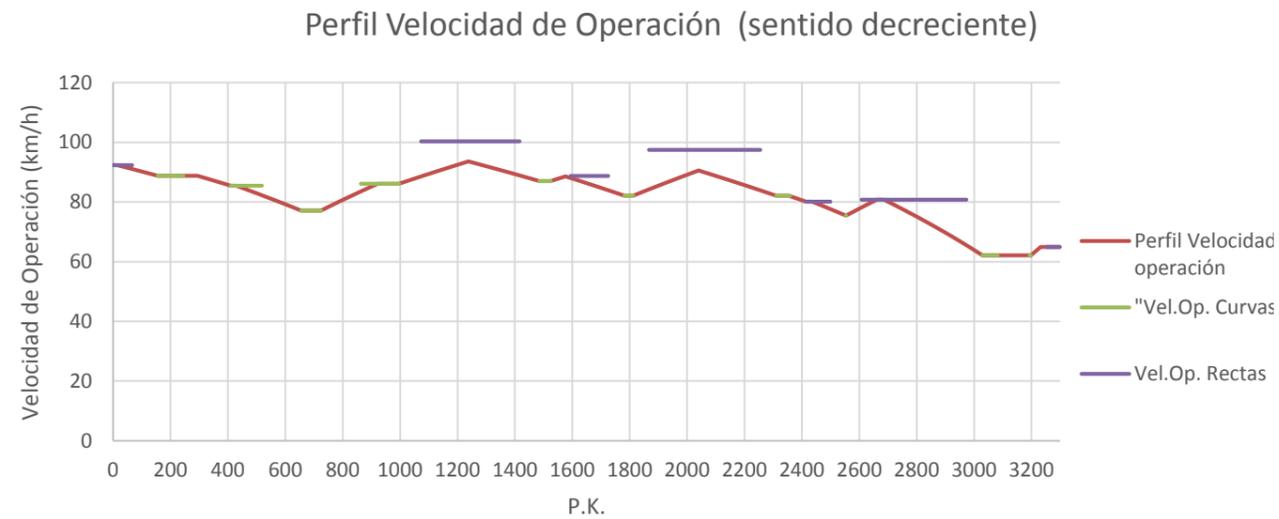


Fig. 2 Perfil de velocidad de operación de la alternativa centro en el sentido decreciente (Prueba de trazado III). Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar, en la Fig. 2 se presenta un ejemplo de perfil de velocidad de operación de los realizados a lo largo del proceso iterativo de diseño geométrico del trazado. El resto de ellos se adjuntan en el apéndice I.

2.1.2.3. Evaluación de la consistencia

Con los perfiles de velocidad de operación completados en ambos sentidos, el proceso continúa con la aplicación de los métodos locales y globales que permiten evaluar la consistencia. Obviamente ambos criterios no son para nada excluyentes.

Al tratarse de un trazado nuevo, se ha intentado alcanzar en la medida de los límites económicos y físicos un trazado cuya consistencia final fuera buena, considerando tanto métodos locales como globales.

2.1.2.3.1. Métodos locales

Durante el proceso de diseño, son los métodos más útiles para detectar los problemas concretos de falta de seguridad, permitiendo actuar y rediseñar el trazado en el punto o elemento concreto. Así pues, son idóneos para la detección de problemas localizados. En cada caso se evalúa la consistencia de un elemento respecto al conjunto del tramo del que forma parte, al elemento del trazado justo anterior o al segmento del tramo justo anterior, siendo más habituales las dos primeras comparaciones.

Dentro de toda la metodología existente, destacan de manera notable dos criterios por su empleo de manera generalizada. Ambos han sido creados por Ruediger Lamm.

LAMM I (Lamm et al. 1999, Consistencia en el diseño)

En este caso, la aplicación de este modelo busca limitar las fluctuaciones de las velocidades de operación (v_{85}) alrededor de la velocidad de diseño (v_d), entendiendo ésta como el promedio de las velocidades de operación de todos los elementos que componen el tramo de vía analizado. En el empleo de éste criterio se opta por emplear como velocidad de diseño la velocidad de operación y no la velocidad de proyecto como cabría esperar porque ésta última no representa de una forma realista el comportamiento de los conductores. Como ya se ha dicho la velocidad de proyecto contemplada en la normativa técnica nacional es un valor marcado por el ingeniero y que los usuarios de la vía desconocen, en caso de emplearse para el análisis se detectarían inconsistencias que realmente no son tales. Los intervalos de consistencia contemplados se muestran en la Tabla 2.

CONSISTENCIA EN EL DISEÑO		
Buena	Aceptable	Pobre
$ v_{85,i} - v_d \leq 10$	$10 < v_{85,i} - v_d \leq 20$	$ v_{85,i} - v_d > 20$
--	Ajuste del peralte y de la distancia de parada	Rediseño basado en v_{85}

Tabla 2 Umbrales de consistencia para el criterio I de Lamm. Fuente: elaboración propia a partir del criterio indicado.

En este caso los rangos de la Tabla 2 fueron definidos partiendo de las tasas de siniestralidad observadas:

- Consistencia buena: 4518 curvas, 0,46 acv/10⁶ veh-km
- Consistencia aceptable: 622 curvas, 1,44 acv/10⁶ veh-km
- Consistencia pobre: 147 curvas, 2,76 acv/10⁶ veh-km

LAMM II (Lamm et al. 1999, Consistencia en la velocidad de operación)

En cuanto al segundo criterio empleado para analizar la consistencia global tiene como base la comparación de las velocidades de operación de los diferentes elementos con el objetivo de limitar las variaciones de éstas en elementos consecutivos. La Tabla 3 muestra los umbrales a tener en cuenta.

CONSISTENCIA EN LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN		
Buena	Aceptable	Pobre
$ v_{85,i} - v_{85,i+1} \leq 10$	$10 < v_{85,i} - v_{85,i+1} \leq 20$	$ v_{85,i} - v_{85,i+1} > 20$
--	Rediseño o señalización	Rediseño

Tabla 3 Umbrales de consistencia para el criterio II de Lamm. Fuente: elaboración propia a partir del criterio indicado.

2.1.2.3.2. Métodos globales

Respecto al funcionamiento de estos métodos, evalúan el tramo en su conjunto, considerando siempre un tramo homogéneo. Estudia por completo el perfil de velocidad de operación, sin detenerse en los fallos puntuales.

Dentro de estos métodos existen, entre otros, el método de Polus (2004, 2005) y el Método Camacho-Torregrosa et al. (2013, 2014). En el caso concreto que se trata se ha empleado el segundo de ellos ya que, añadido al hecho de que se ha obtenido en la red de carreteras del entorno tratado, lo cual evita en mayor medida cualquier distorsión geográfica, posteriormente se ha podido emplear el resultado en la aplicación de la SPF que estima el número de accidentes en zona interurbana.

El método en concreto se basa en la expresión (7).

$$C = \frac{\sqrt[3]{\bar{v}_{85}}}{\sqrt{\bar{d}_{85}}} \quad (7)$$

Siendo:

\bar{v}_{85} : promedio de la velocidad de operación en ambos sentidos (km/h)

\bar{d}_{85} : promedio de la deceleraciones (m/s²)

Es importante remarcar que esas deceleraciones son tanto del sentido creciente como del decreciente y que no hacen referencia a las obtenidas inicialmente para cada curva circular con la expresión (6), sino que son las calculadas una vez terminado el perfil de velocidad de operación mediante (8).

$$d_{85} = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2 \cdot d} \quad (8)$$

Correspondiendo:

v_f : velocidad final alcanzada al finalizar el tramo de deceleración (m/s)

v_i : velocidad inicial a partir de la cual comienza el tramo de deceleración (m/s)

d : distancia entre los puntos final e inicial (m)

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

Tabla 4 Umbrales de consistencia global según el Método de Camacho-Torregrosa et al (2013, 2014). Fuente: elaboración propia a partir del criterio indicado.

Por último, en lo referente a consistencia, los perfiles de operación desarrollados junto con el trazado pertinente y las tablas correspondientes al análisis de consistencia, tanto local como global, se adjuntan en el apéndice I.

2.2. Trazados considerados

Tal y como se ha venido relatando a lo largo del presente anejo, en la elaboración de este trabajo el diseño del nuevo trazado de la variante de la CV-190 a su paso por el municipio de Figueroles ha sido un proceso iterativo en el que se ha estado en contacto permanente con los diferentes componentes del grupo de trabajo, a fin de coordinar los aspectos hidráulicos, medio ambientales, geotécnicos, estructurales, y por la parte que le toca a este anejo, aquellos relacionados con la seguridad vial.

Concretamente, se han necesitado cinco trazados cuasi definitivos hasta alcanzar una consistencia buena en su conjunto. Cabe decir que el proceso de diseño ha sufrido más de cinco modificaciones en su conjunto, pero para el análisis de la consistencia únicamente se consideran aquellas más definitivas y sustanciales.

Generalmente, en las modificaciones se han centrado en el estudio de los criterios locales de Lamm et al. (1999), ya que al mostrar los problemas de seguridad puntuales hace más fácil la tarea de rediseñar.

Así pues, a grandes rasgos los pasos seguidos han sido los siguientes, a pesar de que se pueden apreciar de una forma más esquemática en la Fig. 3.

1. Diseño del trazado.
2. Desarrollo del perfil de velocidad de operación.
3. Estudio de la consistencia local y global.
4. Rediseño en caso de ser necesario.

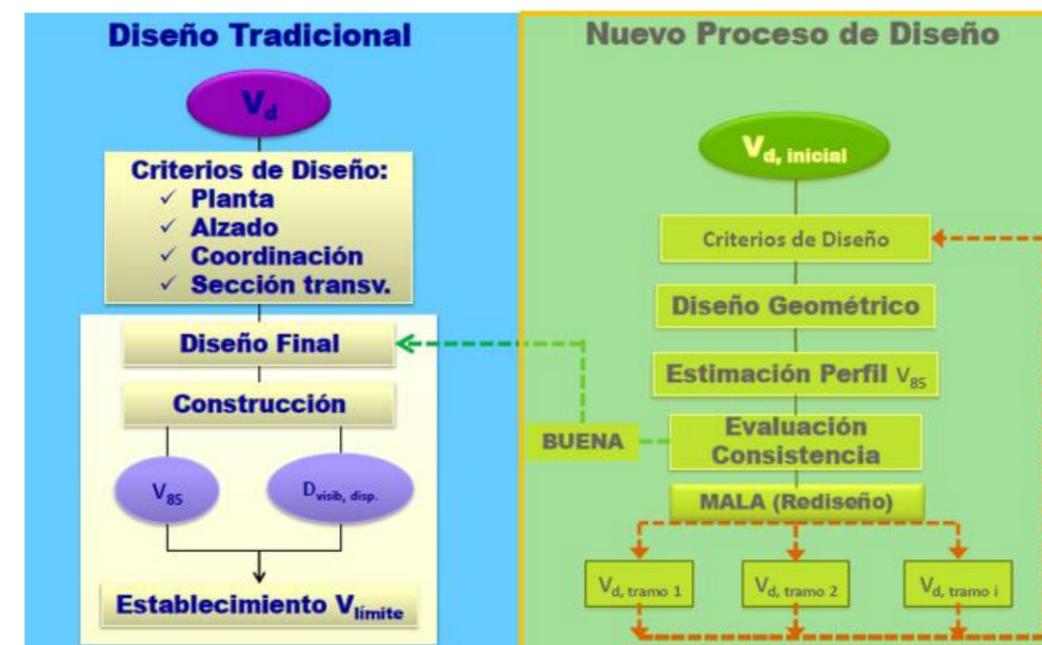


Fig. 3 Esquema del proceso iterativo llevado a cabo en el diseño geométrico. Fuente: asignatura Caminos y aeropuertos, 3º GIC, UPV (2014).

Como ya se ha dicho en el apartado anterior, en el apéndice I se presentan las cinco iteraciones citadas, cada una de ellas con su correspondiente trazado, perfil de velocidad de operación y análisis de consistencia. En la Tabla 5 y la Tabla 6 se muestra una comparación entre las diferentes soluciones estudiadas.

	GEOMETRÍA				VELOCIDAD
	Longitud (km)	Elementos		Tramificación	v85 promedio (km/h)
		Nº de rectas	Nº de curvas	CCR (km/gonios)	
Trazado I	2,966	7	8	103,13	80,043
Trazado II	3,298	7	10	124,12	80,515
Trazado III	3,388	7	10	120,83	85,149
Trazado IV	3,388	7	10	120,82	85,415
Trazado V*	3,420	8	10	98,11	86,429

* trazado definitivo

Tabla 5 Tabla comparativa de los trazados considerados, parte I. Fuente: elaboración propia.

	CONSISTENCIA LOCAL			
	Criterio I de Lamm		Criterio II de Lamm	
	Nº de inconsistencias aceptables	Nº de inconsistencias pobres	Nº de inconsistencias aceptables	Nº de inconsistencias pobres
Trazado I	9	--	3	2
Trazado II	10	--	3	1
Trazado III	--	--	6	--
Trazado IV	--	--	4	--
Trazado V*	--	--	4	--

* trazado definitivo

Tabla 6 Tabla comparativa de los trazados considerados, parte II. Fuente: elaboración propia.

3. DISEÑO GEOMÉTRICO DEFINITIVO

En el presente apartado se va a mostrar con detalle el proceso anteriormente desarrollado concretizado al trazado definitivo.

En primer lugar, la persona encargada del diseño del trazado con la herramienta informática AutoCad Civil 3D ha sido la responsable de proporcionar la información referente al diseño, tanto a su planta (Fig. 4) como su alzado.

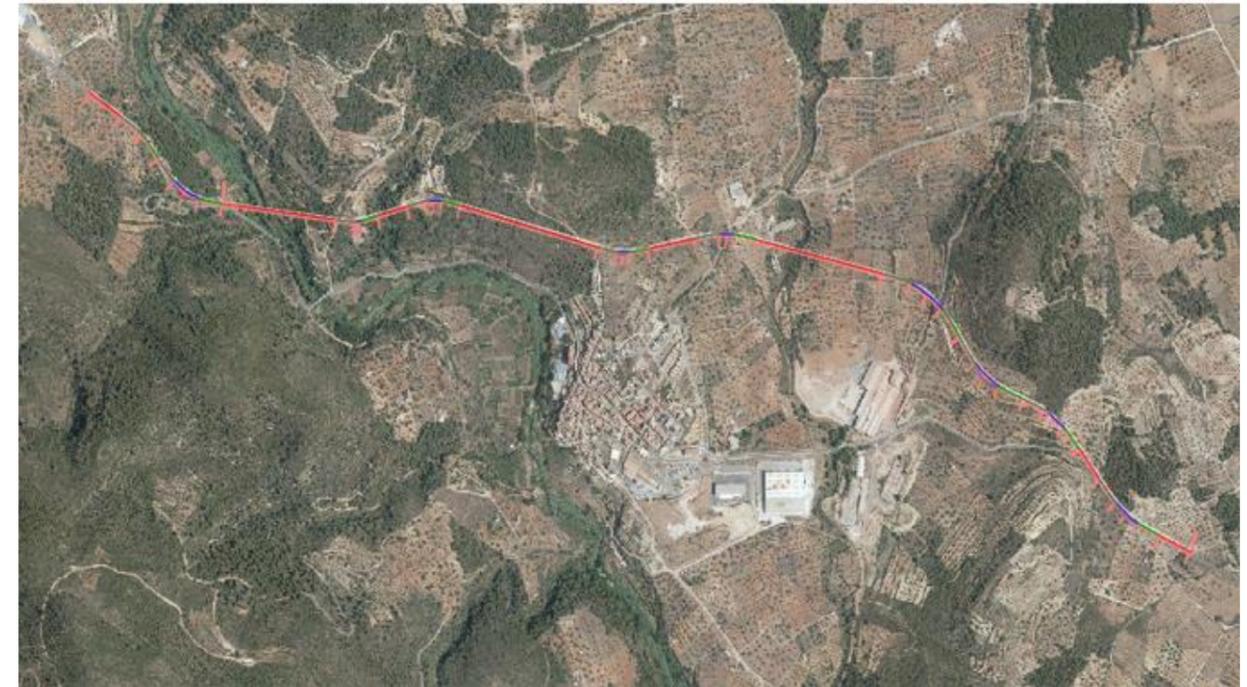


Fig. 4 Trazado definitivo de la variante de la CV-190 a su paso por Figueroles, alternativa centro (sentido creciente de los P.K. de este a oeste). Fuente: Anejo 5 Diseño geométrico.

A su vez este trazado va acompañado del estado de alineaciones mostrado en la Tabla 7, también extraído Anejo 5 Diseño geométrico. Es importante remarcar que de las curvas anterior y posterior únicamente es necesario conocer sus radios para determinar las velocidades de las rectas adyacentes, pero no se requiere más información puesto que no son parte del nuevo trazado.

SENTIDO DE CURVA	TIPO	ELEMENTO	P.K. inicial	P.K. final	LONGITUD (m)	Ángulo de incremento	RADIO (m)	PARÁMETRO (m)
Curva anterior		Clotoide						
		Círculo					150,000	
		Clotoide						
	Recta 1	Recta	0+000,00	0+092,68	92,683			
Curva a Derechas	Curva 1	Clotoide	0+092,68	0+160,85	68,163	7,232		143,000
		Círculo	0+160,85	0+235,76	74,914	15,897	300,000	
		Clotoide	0+235,76	0+303,92	68,163	7,232		143,000
	Recta 2	Recta	0+303,92	0+397,93	94,003			
Curva a Izquierdas	Curva 2	Clotoide	0+397,93	0+458,99	61,062	7,476		126,000
		Círculo	0+458,99	0+531,81	72,818	17,830	260,000	
		Clotoide	0+531,81	0+593,38	61,062	7,476		126,000
Curva a Derechas	Curva 3	Clotoide	0+593,38	0+666,81	72,909	8,758		139,000
		Círculo	0+666,81	0+751,89	85,082	20,440	265,000	



		Clotoide	0+751,89	0+824,94	72,909	8,758		139,000
Curva a Izquierdas	Curva 4	Clotoide	0+824,94	0+905,75	80,656	10,269		142,000
		Círculo	0+905,75	1+013,80	108,054	27,516	250,000	
		Clotoide	1+013,80	1+094,46	80,656	10,269		142,000
	Recta 3	Recta	1+094,46	1+448,89	354,435			
Curva a Izquierdas	Curva 5	Clotoide	1+448,89	1+517,67	68,774	8,261		135,000
		Círculo	1+517,67	1+557,52	39,853	9,574	265,000	
		Clotoide	1+557,52	1+626,29	68,774	8,261		135,000
	Recta 4	Recta	1+626,29	1+757,95	131,661			
Curva a Derechas	Curva 6	Clotoide	1+757,95	1+813,08	55,125	8,773		105,000
		Círculo	1+813,08	1+844,16	31,086	9,895	200,000	
		Clotoide	1+844,16	1+899,29	55,125	8,773		105,000
	Recta 5	Recta	1+899,29	2+291,81	392,522			
Curva a Izquierdas	Curva 7	Clotoide	2+291,81	2+344,44	52,632	8,817		100,000
		Círculo	2+344,44	2+389,93	45,491	15,242	190,000	
		Clotoide	2+389,93	2+442,56	52,632	8,817		100,000
	Recta 6	Recta	2+442,56	2+526,77	84,209			
Curva a Derechas	Curva 8	Clotoide	2+526,77	2+578,75	51,976	9,732		94,000
		Círculo	2+578,75	2+593,12	14,371	5,382	170,000	
		Clotoide	2+593,12	2+645,10	51,976	9,732		94,000
	Recta 7	Recta	2+645,10	2+960,23	315,132			
Curva a Derechas	Curva 9	Clotoide	2+960,23	3+026,24	66,006	11,672		109,000
		Círculo	3+026,24	3+106,89	80,658	28,527	180,000	
		Clotoide	3+106,89	3+173,19	66,006	11,672		109,000
Curva a Izquierdas	Curva 10	Clotoide	3+173,19	3+245,49	72,000	11,459		120,000
		Círculo	3+245,49	3+246,66	1,170	0,372	200,000	
		Clotoide	3+246,66	3+318,66	72,000	11,459		120,000
	Recta 8	Recta	3+318,66	3+420,38	101,715			
Curva posterior		Clotoide						
		Círculo					140,000	
		Clotoide						

líneas moradas hacen referencia a la velocidad de operación a la que los conductores podrían recorrer las rectas, mientras que las verdes, a la alcanzable en las curvas circulares. Por otro lado, la línea granate que une las distintas velocidades es el perfil definitivo de velocidad de operación una vez aplicadas las tasas de aceleración o deceleración según corresponda. Se aprecia que en la mayoría de las rectas no se alcanza la velocidad estimada por los modelos ya que no existe la longitud suficiente para desarrollarse con las tasas estimadas. En cuanto a la línea discontinua azul, representa el promedio de velocidades de operación que a la hora de aplicar el criterio I de consistencia local de Lamm se ha asemejado a la velocidad de diseño. Por último, las flechas amarillas representas puntos donde la consistencia alcanzada no es buena según el criterio II de Lamm, exactamente hacen referencia a un problema ya existente en el trazado actual.

Tabla 7 Estado de alineaciones correspondiente al trazado definitivo. Fuente: elaboración propia a partir del *Anejo 5 Diseño geométrico*.

3.1. Perfil de velocidad de operación

Una vez disponible toda la información, ya es posible la elaboración de los perfiles de velocidad de operación en ambos sentidos. Realizados del modo expuesto en apartados previos, en las Fig. 5 y Fig. 6 se muestran los gráficos resultantes, en los que se puede apreciar a simple vista la inexistencia de grandes saltos de velocidad entre elementos consecutivos y respecto al promedio de velocidades. Tal y como muestra la leyenda las



ALTERNATIVA CENTRO

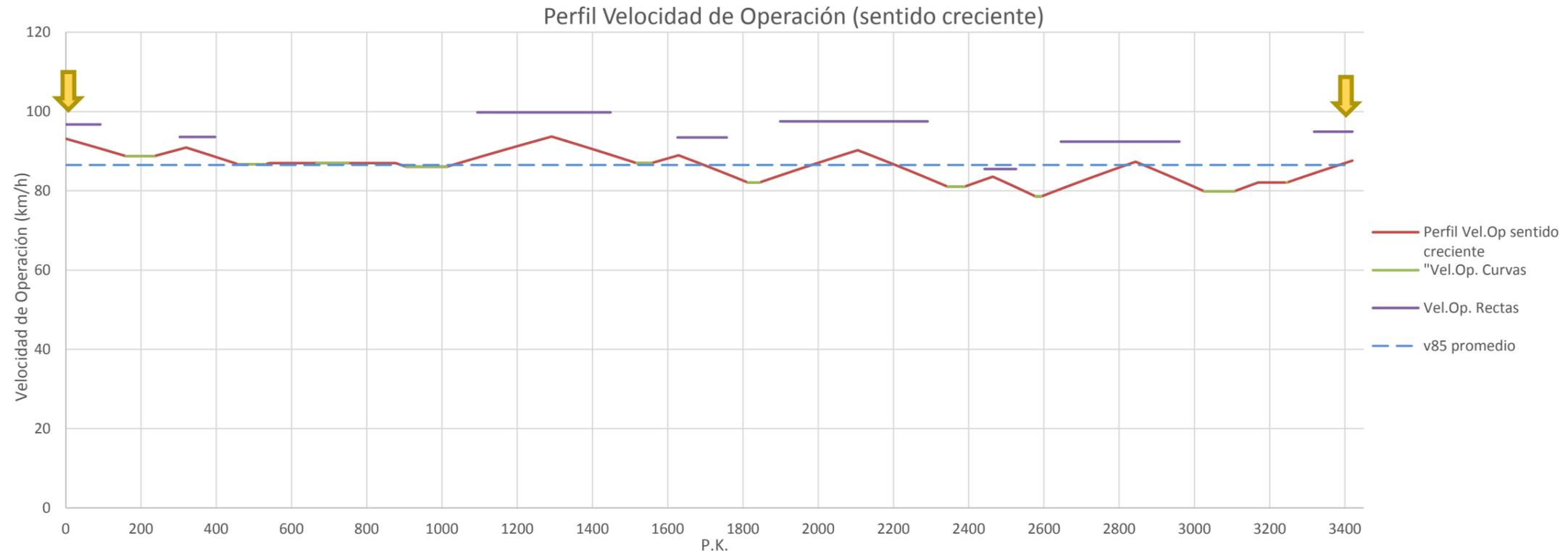


Fig. 5 Perfil definitivo de velocidad de operación, sentido creciente. Fuente: elaboración propia.

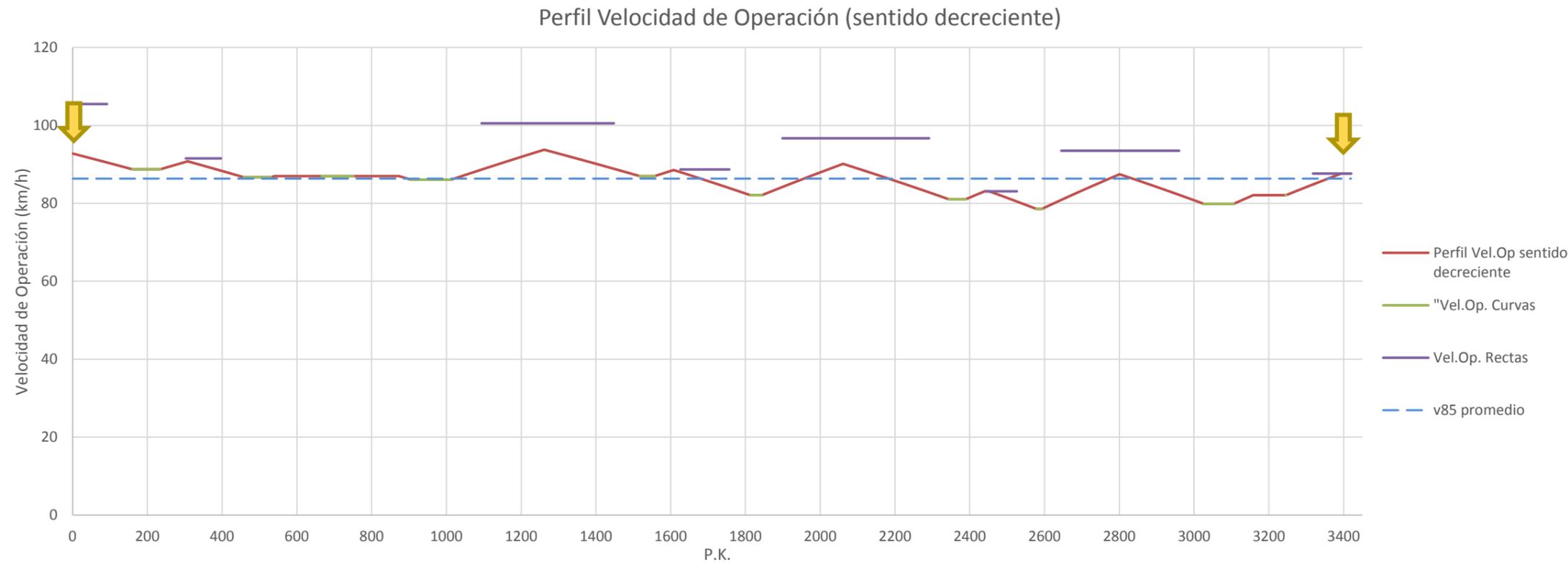


Fig. 6 Perfil definitivo de velocidad de operación, sentido decreciente. Fuente: elaboración propia.



3.2. Consistencia

3.2.1. Local

A la hora de analizar la consistencia local no se han tenido en cuenta estrictamente las velocidades obtenidas con las expresiones (2) y (4), si no que en caso de alcanzarlas se han seguido manteniendo pero, por el contrario, en aquellas rectas en las que en el perfil de operación se observa un máximo relativo que no llega a alcanzar la velocidad marcada por la línea morada correspondiente se ha optado por tomar la velocidad representada por dicho máximo en cada caso ya que esta es la realmente alcanzable por los conductores.

Así pues, siguiendo en primer lugar con el criterio I de Lamm se han obtenido los resultados mostrados en la Tabla 8, dentro de la cual se remarcan en un tono más oscuro los elementos cuya velocidad de operación es superior a la media.

LAMM I			LAMM I		
Velocidad de diseño (km/h)		86,516	Velocidad de diseño (km/h)		86,342
SENTIDO CRECIENTE			SENTIDO DECRECIENTE		
Elemento	V85 (km/h)	V _{85i} -V _d	Elemento	V85 (km/h)	V _{85i} -V _d
RECTA 1	93,145	6,629	RECTA 1	92,788	6,446
CURVA 1	88,747	2,231	CURVA 1	88,747	2,405
RECTA 2	93,590	7,074	RECTA 2	91,530	5,188
CURVA 2	86,701	0,185	CURVA 2	86,701	0,359
CURVA 3	86,990	0,474	CURVA 3	86,990	0,648
CURVA 4	86,087	0,429	CURVA 4	86,087	0,255
RECTA 3	93,669	7,153	RECTA 3	93,754	7,412
CURVA 5	86,990	0,474	CURVA 5	86,990	0,648
RECTA 4	88,952	2,436	RECTA 4	88,548	2,206
CURVA 6	82,097	4,419	CURVA 6	82,097	4,245
RECTA 5	90,239	3,723	RECTA 5	90,127	3,785
CURVA 7	81,047	5,469	CURVA 7	81,047	5,295
RECTA 6	83,553	2,963	RECTA 6	83,087	3,255
CURVA 8	78,576	7,940	CURVA 8	78,576	7,766
RECTA 7	87,316	0,800	RECTA 7	87,463	1,121
CURVA 9	79,880	6,636	CURVA 9	79,880	6,462
CURVA 10	82,097	4,419	CURVA 10	82,097	4,245
RECTA 8	87,609	1,093	RECTA 8	87,647	1,305

Tabla 8 Consistencia local del trazado definitivo según Lamm I. Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, en lo que respecta a la consistencia de elementos consecutivos según el criterio II de Lamm, los resultados obtenidos son los expuestos en la Tabla 9. Se ha seguido

el mismo proceso para la adopción de velocidades de operación y en este caso se remarcan los descensos de velocidad que como se aprecia se dan generalmente de recta a curva. Los puntos de consistencia aceptable se marcan en las Fig. 5 y Fig. 6 mediante flechas correspondiéndose con la leyenda expuesta en Tabla 20 del apéndice I.

LAMM II					
SENTIDO CRECIENTE			SENTIDO DECRECIENTE		
Elemento	V85 (km/h)	V85 _i -V85 _{i-1}	Elemento	V85 (km/h)	V85 _i -V85 _{i-1}
Curva_o	75,446	17,699	Curva_f	73,546	14,101
RECTA 1	93,145	4,398	RECTA 8	87,647	5,550
CURVA 1	88,747	2,046	CURVA 10	82,097	2,217
RECTA 2	90,914	3,924	CURVA 9	79,880	7,584
CURVA 2	86,701	0,290	RECTA 7	87,463	8,888
CURVA 3	86,990	0,903	CURVA 8	78,576	4,512
CURVA 4	86,087	7,582	RECTA 6	83,087	2,041
RECTA 3	93,669	6,679	CURVA 7	81,047	9,080
CURVA 5	86,990	1,962	RECTA 5	90,127	8,030
RECTA 4	88,952	6,856	CURVA 6	82,097	6,452
CURVA 6	82,097	8,143	RECTA 4	88,548	1,558
RECTA 5	90,239	9,193	CURVA 5	86,990	6,764
CURVA 7	81,047	2,507	RECTA 3	93,754	7,667
RECTA 6	83,553	4,977	CURVA 4	86,087	0,903
CURVA 8	78,576	8,740	CURVA 3	86,990	0,290
RECTA 7	87,316	7,436	CURVA 2	86,701	2,046
CURVA 9	79,880	2,217	RECTA 2	90,780	2,008
CURVA 10	82,097	5,513	CURVA 1	88,747	4,041
RECTA 8	87,609	14,063	RECTA 1	92,788	17,342
Curva_f	73,546	--	Curva_o	75,446	--

Tabla 9 Consistencia local del trazado definitivo según Lamm II. Fuente: elaboración propia.

El hecho de no haber podido conseguir una consistencia buena en los extremos por limitaciones físicas y las características propias del trazado actual se va a paliar con la instauración de las medidas convenientes expuestas en el apartado 3.7.

3.2.2. Global

Respecto a la consistencia global obtenida a través del Método de Camacho-Torregrosa et al. (2013, 2014) a raíz de buscar y alcanzar en su mayoría una consistencia local buena, es de esperar que de igual modo la consistencia del tramo en su conjunto sea también buena, lo que en este caso se representa siendo superior a cinco unidades como se muestra en la Tabla 11.

DECELERACIONES REALES			
SENTIDO CRECIENTE		SENTIDO DECRECIENTE	
1	-0,19289183	1	-0,2455787
2	-0,20919775	2	-0,26140156
3	-0,20791897	3	-0,27369506
4	-0,20689668	4	-0,25329321
5	-0,24585281	5	-0,24587506
6	-0,25415519	6	-0,20688711
7	-0,27307912	7	-0,21363865
8	-0,26354749	8	-0,1936601
		9	-0,19288981

Tabla 10 Cálculo de las tasas de deceleración según el perfil de operación y la expresión (8). Fuente: elaboración propia.

CONSISTENCIA GLOBAL	
C	7,198
\bar{v}_{85} (km/h)	86,429
\bar{d}_{85} (m/s ²)	0,2318

Tabla 11 Consistencia global del trazado definitivo según el Método de Camacho. Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Conclusiones

Observando los resultados obtenidos, tanto en los modelos locales como en los globales, se puede determinar cómo satisfactorio el nivel de consistencia logrado dentro de los límites económicos y medioambientalmente viables. Consecuentemente, se ha elevado de manera considerable la seguridad con la que los conductores recorrerán la nueva carretera respecto del cumplimiento único de los aspectos técnicos recogidos en la Norma 3.1-IC.

3.3. Consistencia en los nudos

Una vez analizada la consistencia a lo largo del recorrido definido por el nuevo trazado, es necesario analizar y justificar adecuadamente las conexiones diseñadas con la actual carretera CV-190.

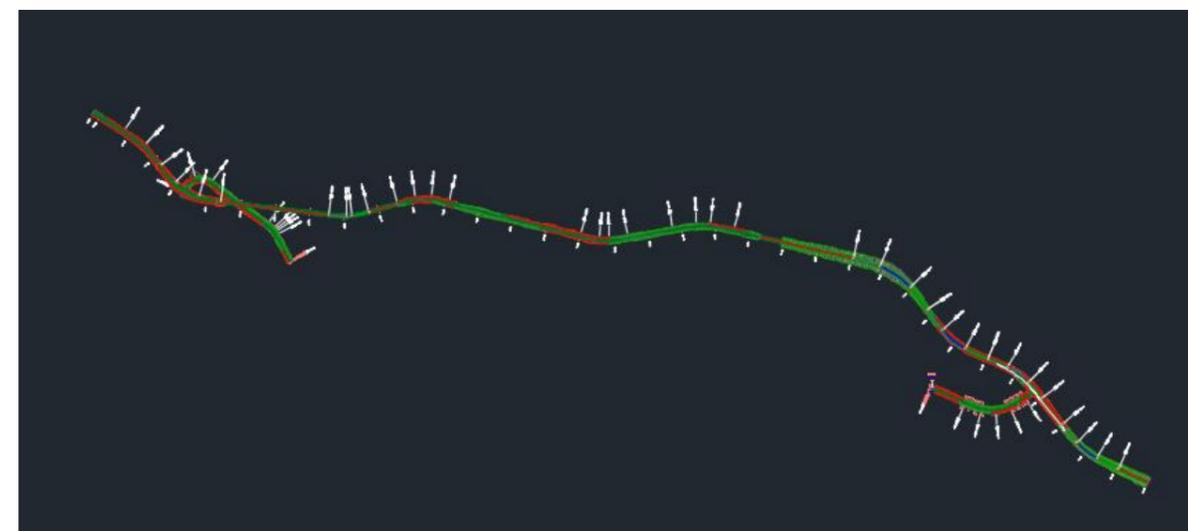


Fig. 7 Vista general del trazado definitivo y los puntos de entronque. Fuente: Anejo 6 Diseño de los nudos.

Obviamente, se han requerido dos entronques, uno al este y otro al oeste del municipio. En ambos casos se trata de una intersección en “T” que ha requerido de un ligero rediseño de la vía actual en sus proximidades a fin de alcanzar un ángulo de entrada lo más ortogonal posible, tal y como se muestra en la Fig. 7.

	P.K. de entronque
Nudo Este	0+429,23
Nudo Oeste	3+071,89

Tabla 12 Puntos kilométricos de la variante en los que entronca la actual carretera CV-190. Fuente: elaboración propia.

Observando los P.K. en los que entronca la carretera y teniendo en cuenta el desarrollo del análisis de consistencia llevado a cabo en los apartados anteriores, se puede pensar que se ha incurrido en un error no valorando en ningún momento los nudos a su paso por ellos. La realidad es que a pesar de no quedar reflejado en los cálculos sí que se ha valorado el tipo de intersección y su influencia en la variante.

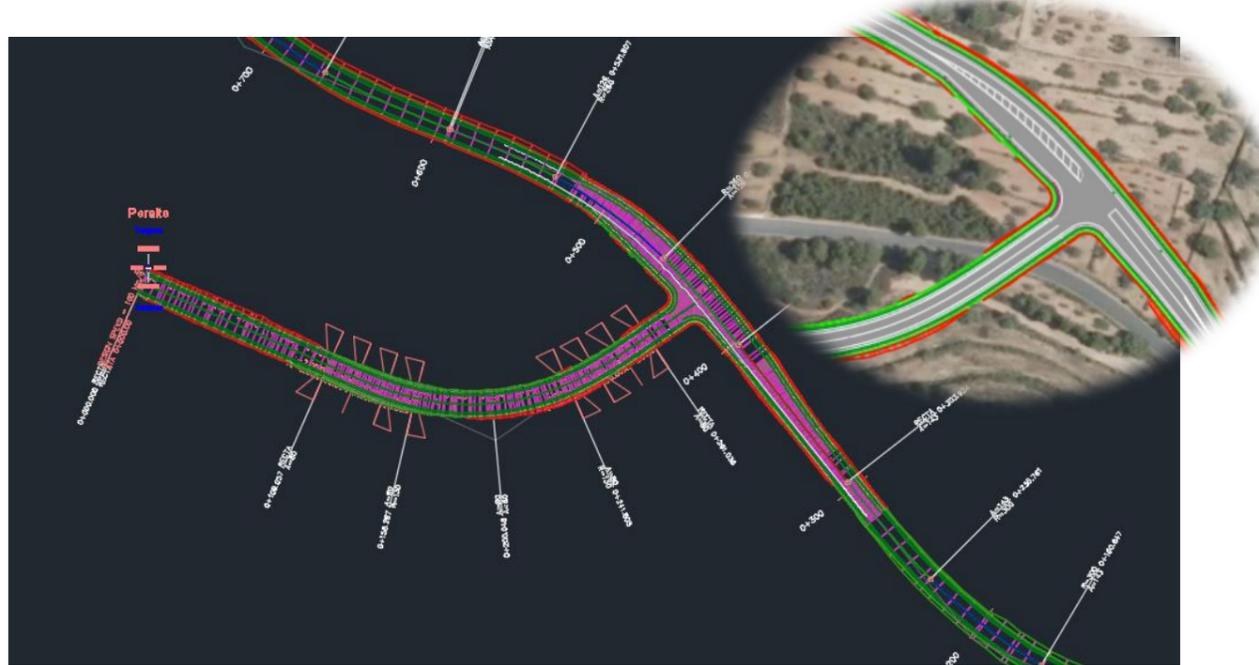


Fig. 8 Detalle del nudo este, ubicado en el P.K. 0+429,23, en la curva 2. Fuente: *Anejo 6 Diseño de los nudos*.



Fig. 9 Detalle del nudo oeste, en el P.K. 3+071,89, en la curva 9. Fuente: *Anejo 6 Diseño de los nudos*.

Es importante destacar que a pesar de que en ambos casos el entronque tenga lugar en elementos curvos de la variante, en el *Anejo 6 Diseño de los nudos* se ha analizado la visibilidad dentro de la propia intersección y se han redactado medidas en caso de ser necesarias. En lo que respecta al nudo oeste, tal y como se aprecia en la Fig. 9, hay un tramo de la antigua carretera restituído que pasa bajo el puente ubicado del P.K. 2+472 al P.K. 2+993 de la futura variante. En el apartado 3.6.1 se presentaran las medidas necesarias para proteger los elementos rígidos de la estructura.

En el nombrado *Anejo 6 Diseño de los nudos* se han barajado diferentes modalidades de intersección de entre las cuales, a través de un análisis multicriterio, se determinó como mejor opción la ya citada intersección en "T". En este caso, al ser la vía principal la variante diseñada únicamente se ha considerado que la intersección afectaba a la consistencia si ella misma suponía un cambio de trayectoria de los usuarios de la vía principal. Así pues, puesto que se ha determinado habilitar carriles de espera tal y como se muestra en las Fig. 8 y Fig. 9, ha sido necesario estudiar si el cambio de trayectoria que el uso de éstos supone afecta a la velocidad de operación de los usuarios. El límite de influencia se ha determinado en un variación de la alineación en dicho punto superior a 4 gonios, si ésta es menor no ha de considerarse como influyente la variación de la trayectoria de los vehículos. Dicha variación supondría la introducción de una curva determinada por los carriles de espera en el análisis de la consistencia de la carretera en su conjunto. Así pues, dado que se cumple la condición de ángulo inferior a 4 gonios no ha sido necesario contemplar la intersección en el análisis realizado en el punto 3.2.

3.4. Análisis de visibilidad

En este apartado se pretende dar un paso más allá en el diseño geométrico de carreteras. Una vez conseguida una consistencia buena, otro aporte a la seguridad es el análisis de visibilidad de parada.

Para llevar a cabo dicho análisis se pueden emplear varias herramientas, en este caso que se presenta se ha usado el programa informático AutoCAD Civil3D. En cuanto a la normativa seguida, la Instrucción de carreteras española. Exactamente se ha considerado la distancia de parada calculada según la normativa técnica y se ha comparado con la visibilidad disponible proporcionada gracias a AutoCAD Civil 3D.

Por un lado, en lo que respecta a la Norma 3.1-IC enuncia que la visibilidad de manera general depende de la forma, dimensiones y disposición de los elementos de trazado. Además, marca que se requiere una visibilidad mínima dependiente de la velocidad de los vehículos y el tipo de maniobra para que los conductores puedan circular con seguridad realizando cualquiera que sea la maniobra en cuestión. Define, así pues, tres tipos de visibilidad: de parada, de adelantamiento y de cruce. El cálculo y análisis se ha centrado en la primera de ellas.

En primer lugar, se ha procedido al cálculo de la distancia de parada mínima partiendo de la formulación propuesta por la instrucción (9) pero con una ligera variación.

$$D_p = \frac{V \cdot t_p}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot (f_l + i)} \quad (9)$$

Siendo:

D_p : distancia de parada (m)

v: velocidad de parada (km/h)

f_l : coeficiente de rozamiento longitudinal rueda – pavimento (Tabla 13)

i: inclinación de la rasante (en tanto por uno)

t_p : tiempo de percepción y reacción (2s)

La variación respecto a lo indicado en la norma se centra en la elección de la velocidad, mientras que la instrucción indica que la “V” hace referencia a la velocidad de proyecto en el presente trabajo se ha considerado más preciso emplear la velocidad de operación en cada punto kilométrico lo cual implica un análisis de visibilidad punto por punto a lo largo de la traza de la carretera. En cuanto, al coeficiente de rozamiento longitudinal se proponen los siguientes datos en la Tabla 13, en caso de valores intermedios se ha de interpolar linealmente.

V (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
f_l	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 13 Coeficientes de rozamiento longitudinal. Fuente: Instrucción de Trazado.

Por otro lado, con el fin de conocer la disponibilidad de visibilidad de parada en el diseño creado se ha empleado el programa informático indicado anteriormente. Su cálculo a través de dicha herramienta se ha llevado a cabo empleando como base lo indicado en la normativa. La definición proporcionada relata que “se considerará como visibilidad de parada la distancia a lo largo de un carril que existe entre un obstáculo situado sobre la calzada y la posición de un vehículo que circula hacia dicho obstáculo, en ausencia de vehículos intermedios, en el momento en que puede divisarlo sin que luego desaparezca de su vista hasta llegar al mismo”.

En este caso la Norma sí que aporta las herramientas necesarias para su implementación:

- Altura de obstáculo: 0,20 m.
- Punto de vista del conductor: 1,1 m

Dicha distancia entre ambos elementos se enuncia que se mide a lo largo de una línea paralela al eje de la calzada y trazada a 1,50 m del borde derecho de cada carril, por el interior del mismo y en el sentido de la marcha. Esto equivale en el programa informático a un desfase de 2 m respecto desde el centro de la calzada ya que éste toma como referencia el eje central y los carriles tienen un ancho de 3,5 m. De esta manera la normativa pretende simular la altura y ubicación de un conductor circulando en el carril correspondiente. En la Fig. 10 se muestra una simulación de recorrido en sentido creciente realizada con AutoCAD Civil3D con una altura de ojo de 1,1 m y un desfase de 2 m, tal y como se ha descrito antes.

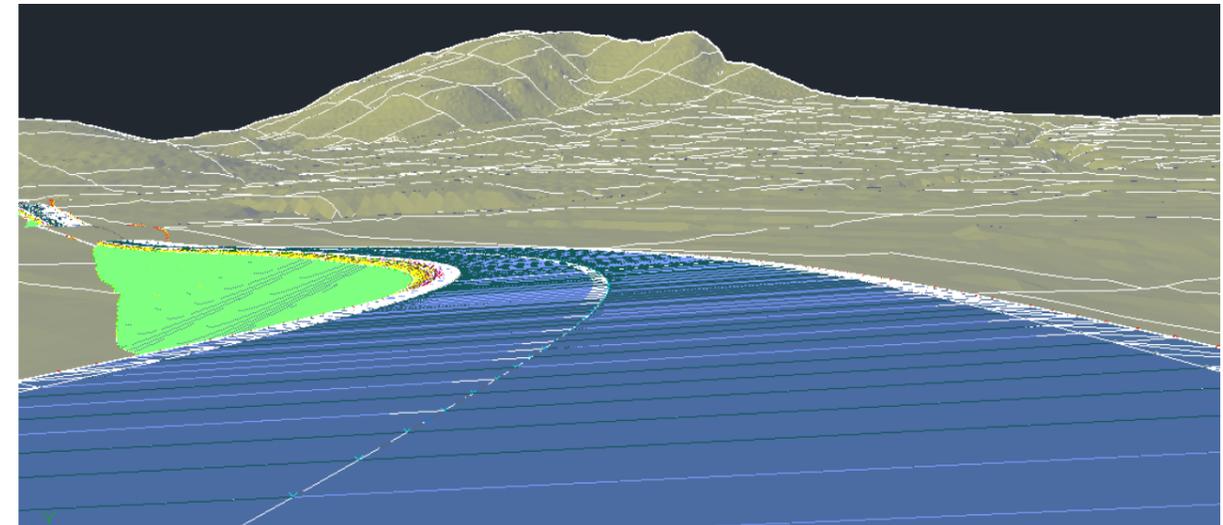


Fig. 10 Simulación de recorrido de la variante en sentido creciente para cálculo de visibilidad de parada. Fuente: AutoCAD Civil3D.

Para el cálculo de la visibilidad a nivel teórico y salvo excepciones puntuales se consideran condiciones óptimas de iluminación.

En el presente trabajo se ha considerado como válida la visibilidad siempre y cuando sea igual o superior a la distancia de parada calculada del modo anteriormente expuesto. En caso de no alcanzarse se propondrán las medidas oportunas en el apartado 3.7.

Consecuentemente, en la Fig. 12 y Fig. 13 se presenta el gráfico definitivo comparativo para cada sentido que muestra la distancia y la visibilidad de parada obtenidas en cada punto kilométrico. Se ha de hacer caso omiso al último tramo ya que no es posible analizar la visibilidad informáticamente en el tramo final, según el sentido de la marcha, de la variante por limitaciones del programa empleado.

Sin embargo, en el apéndice II se pueden apreciar los gráficos comparativos previos a los resultados que se muestran seguidamente, Fig. 12 y Fig. 13. Las franjas sombreadas en rojo se corresponden con aquellas zonas donde la visibilidad disponible no alcanza a ser superior a la distancia de parada requerida por un conductor que circula a la velocidad de operación estimada. Con el fin de mejorar esos puntos débiles antes de plantear la implantación de moderadores de tráfico, se han llevado a cabo una serie de despejes con la herramienta AutoCAD Civil3D junto con el responsable de trazado. Así pues, teniendo en cuenta ambos sentidos de circulación, los puntos kilométricos en los que los despejes han sido indicados para su ejecución en función de las zonas sin visibilidad suficiente son los que aparecen en la Tabla 14.

Tramos de visibilidad insuficiente			Tramos donde se han ejecutado los despejes			
Sentido	P.K. inicial	P.K. final	Margen	P.K. inicial	P.K. final	Profundidad (m)
Creciente	0+087	0+178	Derecho	0+179	0+246	4,5
Decreciente	0+512	0+614	Izquierdo	0+459	0+526	2,5
Creciente	1+739	1+791	Derecho	1+824	1+831	2
Decreciente	2+393	2+457	Izquierdo	2+346	2+366	3
Creciente	2+993	3+050	Derecho	3+084	3+119	2,5

Tabla 14 Tramos en los que se han llevado a cabo los despejes. Fuente: elaboración propia.

Una vez llevados a cabo los despejes se consigue en todos los metros del trazado una visibilidad de parada superior a la distancia de parada basada en la velocidad de operación. Es importante remarcar que la transición entre las zonas despejadas y los desmontes normales adyacentes se hará de forma lineal y suavizada, aunque por limitaciones del programa en la Fig. 11 no aparezcan de tal modo.



Fig. 11 Ejemplo de tramo despejado en AutoCAD Civil3D. Fuente: elaboración propia.



ALTERNATIVA CENTRO

Visibilidad / distancia de parada (sentido creciente)

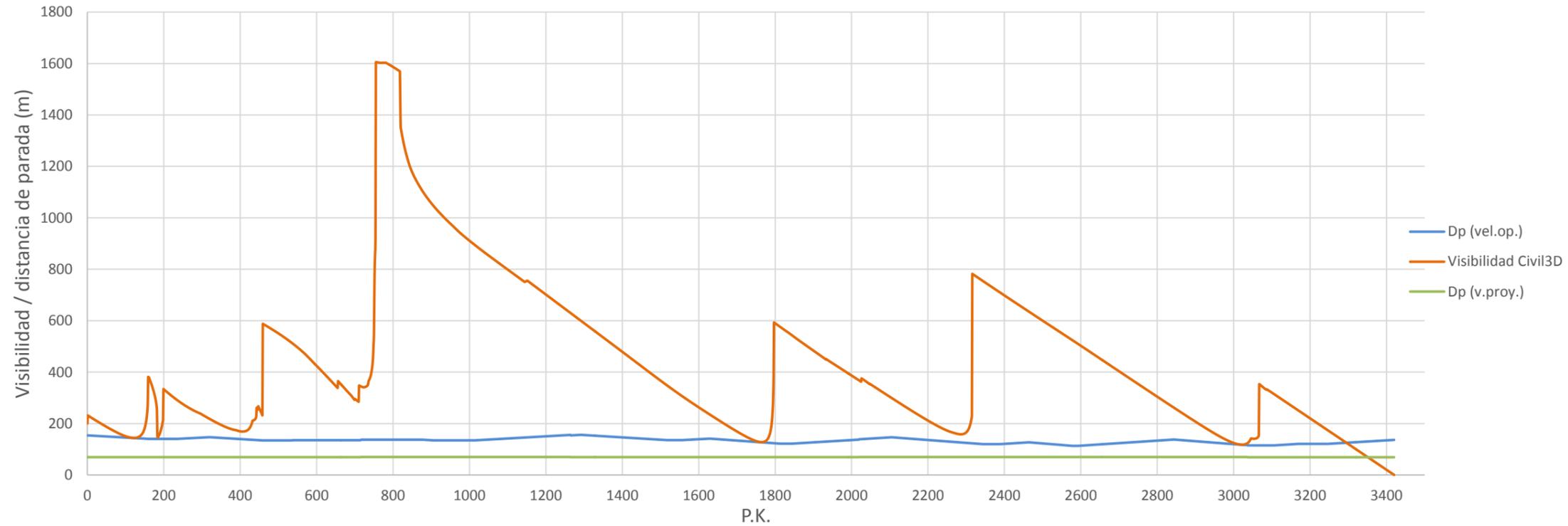


Fig. 12 Gráfico comparativo de visibilidad y distancia de parada definitivo, sentido creciente. Fuente: elaboración propia.

Visibilidad / distancia de parada (sentido decreciente)

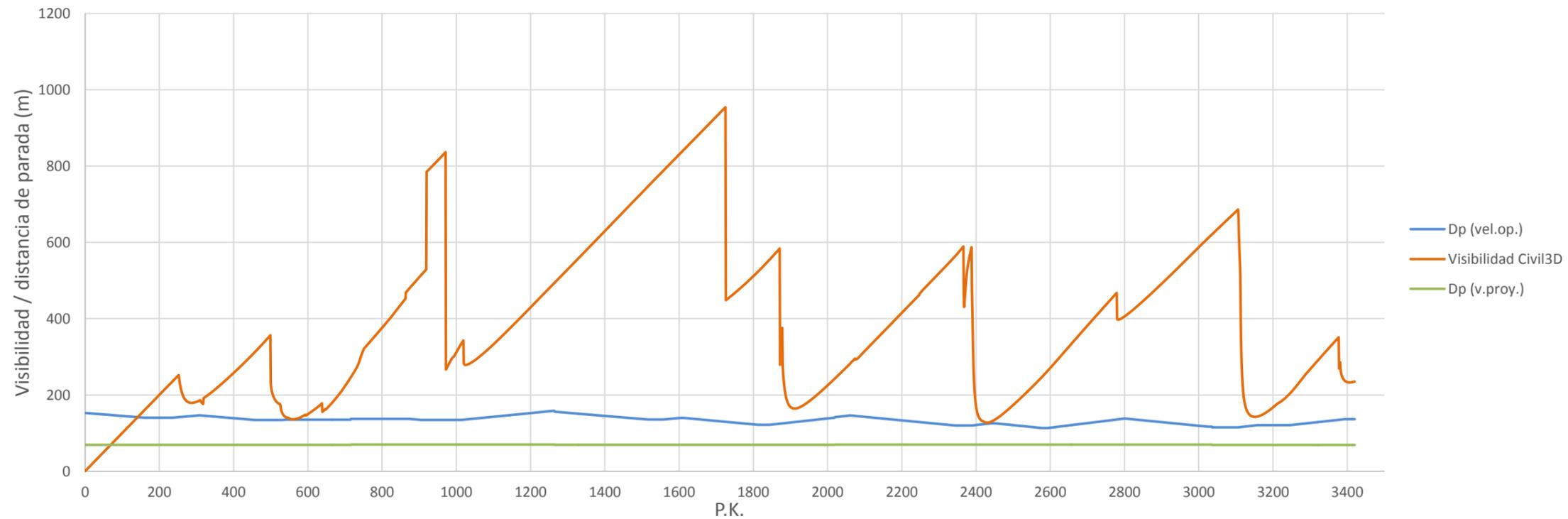


Fig. 13 Gráfico comparativo de visibilidad y distancia de parada definitivo, sentido decreciente. Fuente: elaboración propia.

3.5. Estimación del número de accidentes

3.5.1. Introducción

A modo de introducción del tema a tratar se pretende presentar y definir ciertos términos indispensables para el correcto entendimiento de lo desarrollado de aquí en adelante en el presente apartado. En primer lugar, una de las acepciones recogidas por la RAE para el término accidente es la siguiente, “suceso eventual que altera el orden regular de las cosas”. Dicho suceso en el caso de los accidentes de tráfico es el resultado de la simultaneidad de diversos factores. Los de mayor importancia se presentan en la figura 6 junto con el porcentaje de afección que cada uno representa, tanto de manera individual como de forma conjunta:

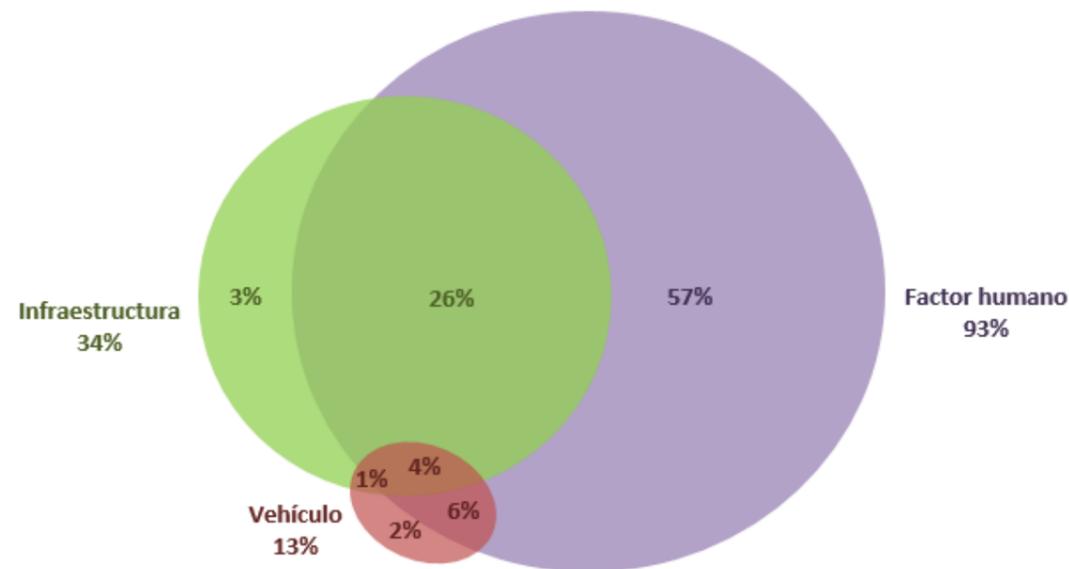


Fig. 14 Factores concurrentes en la siniestralidad. Fuente: asignatura *Seguridad vial*, 4º GIC UPV, 2015.

En total los factores influyentes son los cinco que siguen:

- Factor humano, donde conocer el proceso de percepción-reacción del ser humano es imprescindible ya que alberga las principales claves de los errores asociados a dicho factor. Es por esto que se cree importante entender el proceso mental que sustenta la tarea de conducción, prestando especial atención a la carga de trabajo que puede suponer circular por los diferentes tramos.
- Factor vehículo, este factor cobra mayor peso en aquellos países donde el desarrollo sea menor ya que de manera general en el entorno que engloba este proyecto la

mayor afección que puede presentar el vehículo en los accidentes es en caso de un mantenimiento pésimo. Es necesario diferenciar las particularidades de cada tipo de vehículo.

- Factor infraestructura, es el factor que más interactúa con el humano y es donde, a su vez, el papel del ingeniero civil cobra mayor protagonismo siempre teniendo presentes las limitaciones en cuanto a presupuesto o impacto ambiental entre otras. Especial atención requieren las carreteras convencionales como la tratada en el presente trabajo por su mayor tasa de accidentalidad, además es necesario visualizar las carreteras en su conjunto con el fin de evitar traslación de accidentes de un tramo a otro. Algunos puntos clave son:
 - Estado del pavimento
 - Densidad de accesos
 - Márgenes de la vía, estado y elementos
- Factor tráfico, en este caso afectan de manera conjunta la velocidad, intensidad y composición del mismo. Siendo especialmente dañino la disparidad de velocidades dentro de una misma vía.
- Factor entorno, influyen principalmente las condiciones meteorológicas tales como fuertes vientos, lluvias intensas o nevadas.

Conocidos los factores que concurren en la siniestralidad, también se pueden caracterizar los accidentes de tráfico como sucesos RAROS por su baja frecuencia, ALEATORIOS por su alta variabilidad y su distribución difusa, y DISCRETOS ya que solamente se trata con números enteros positivos. Todo esto, por tanto, implica una necesidad de barajar grandes cantidades de datos y en grandes periodos de tiempo. Así pues, estadísticamente se pueden modelizar dos parámetros: accidentes y tasas de siniestralidad.

De aquí en adelante la opción escogida para la estimación y el análisis del número de accidentes en la nueva carretera han sido las Safety Performance Functions (SPF). Este tipo de expresiones persiguen el objetivo de estimar los accidentes en un elemento viario teniendo en cuenta determinadas características, basando su calibración en una distribución de Poisson o Binomial Negativa. Esas determinadas características es necesario tenerlas muy en cuenta a la hora de aplicar una SPF determinada ya que su estimación está basada en una red y entorno viario concreto, con un comportamiento de los conductores influido por la componente geográfica. De manera general todas poseen una forma común según se trate del análisis de una intersección o de un tramo de carretera como es el caso concreto, donde intervienen la IMD y la longitud de éste. A esta formulación fija cada autor añade unos parámetros que pueden ser la geometría de la vía, la visibilidad o la velocidad entre otros.

En el presente trabajo se ha empleado la SPF desarrollada por Camacho-Torregrosa (2013) et al. que ha tomado como red viaria base una muestra representativa de las carreteras de la Comunidad Valenciana. Ésta únicamente es aplicable en tramos homogéneos interurbanos de vías convencionales y que estén delimitados por poblaciones,

intersecciones o similares. Es por esta razón por lo que en las estimaciones correspondientes al tramo urbano se han llevado a cabo una serie de relaciones proporcionales al no disponer de ninguna Función aplicable a zonas urbanas.

$$y_{10} = e^{-3.916} \cdot L^{1161} \cdot IMD^{0.8015} \cdot e^{-0.643 \cdot C} \quad (10)$$

Siendo:

y_{10} : accidentes con víctimas estimados en un periodo de 10 años

L: longitud del tramo analizado (km)

IMD: promedio de la Intensidad Media Diaria del tramo y periodo analizado (veh/día)

C: consistencia global según el Método Camacho – Torregrosa (2013,2014), Tabla 11

3.5.1. Cálculo

En el presente trabajo se ha llevado a cabo la estimación del número de accidentes de la manera más aproximada posible teniendo en cuenta las limitaciones de medios disponibles.



Fig. 15 Vista general del tramo de la CV-190 actual en el cual se ha estudiado la siniestralidad. Fuente: Goolge Earth.

En primer lugar, se ha partido de los datos de accidentes con víctimas ocurridos entre los puntos kilométricos de la CV-190 8+000,00 y 11+500,00, tramo que se muestra en la Fig. 15, ya que de manera aproximada es el recorrido que salvaría la futura variante centro. En cuanto al intervalo de tiempo tomado, se ha determinado un periodo de 10 años comprendidos entre 2001 y 2011, en el que el cómputo total de accidentes con víctimas según la *Conselleria de Infraestructures, Territori i Medi Ambient* es de 12. Dentro de éstos, predominan aquellos en los que solo hay heridos leves, no existiendo en ningún caso accidentes con muertos. Por otro lado, la mayoría de los vehículos sufrieron una salida de

vía, impactando o no con algún obstáculo del margen de la carretera, siendo la siguiente consecuencia la colisión fronto-lateral.

Por lo tanto, el total de 12 accidentes con víctimas en el entorno de Figueroles se relacionan con el promedio de las IMD del intervalo temporal tratado. En este caso para obtener dichas intensidades se han asumido los incrementos de tráfico publicados en el BOE y expuestos en la Fig. 11 del *Anejo 4 Análisis del tráfico*. Puesto que se desconoce el coeficiente correspondiente a las variaciones de tráfico en la primera década del 2000, se ha asumido el correspondiente a las años 2010-2012 con valor de 1,08%.

Dado que el objetivo es comparar los accidentes obtenidos en la situación actual con aquellos que se estima se producirían en caso de ejecutarse la alternativa propuesta, se han calculado el promedio de las IMD correspondientes al año de puesta en servicio más los diez siguientes (2020-2030) y el Año Horizonte menos diez (2030-2040). Estos intervalos se han tomado para obtener el promedio de IMD de las siguientes situaciones:

- Travesía: tramo de la CV-190 a su paso por Figueroles sin ejecutar la variante (Situación 1).
- Travesía, llevando a cabo la variante (Situación 2).
- Variante (Situación 3).

Por último, en los dos primeros casos para estimar los accidentes en los diferentes periodos es importante remarcar la limitación de la metodología ya que no se tiene una SPF aplicable a tramos urbanos como la que si se ha empleado para la nueva variante por ser tramo interurbano. Por esta razón la estimación no se ha hecho de manera homogénea en los tres casos. En las situaciones 1 y 2 se ha decidido llevar a cabo la estimación relacionando, a través de los siguientes coeficientes, la IMD con los accidentes:

- α = razón de la $IMD_{2001-2011}$ de la travesía sin variante y la $IMD_{2001-2011}$ de la misma con variante.
- β = razón de la $IMD_{2020-2030}$ y de la $IMD_{2001-2011}$.
- γ = razón de la $IMD_{2030-2040}$ y de la $IMD_{2001-2011}$.

A partir de ahí se han seguido los pasos expuestos: si los accidentes en el periodo 2001-2011 son "x", en los periodos y situaciones siguientes equivaldrán a " $\alpha \cdot x$ ", " $\beta \cdot x$ " o " $\gamma \cdot x$ " según la situación. Dado que los coeficientes beta y gamma son próximos la unidad, la metodología empleada es prácticamente una relación lineal con el volumen de tráfico.

En la Tabla 15 y Tabla 16 se exponen, pues, los accidentes estimados para las situaciones 1 y 2, reduciéndose en la propia travesía en torno a un 70% al llevar a cabo el proyecto de variante.



ACCIDENTES TRAVESÍA (sin variante)						
Años	IMD	α	β	γ	acv	acv
2001-2011	2216	--	--	--	12,00	12
2020-2030	2810	--	1,26836	--	15,22	15
2030-2040	3242	--	--	1,46331	17,56	18

Tabla 15 Estimación de accidentes para la situación 1. Fuente: elaboración propia.

ACCIDENTES TRAVESÍA (con variante)						
Años	IMD	α	β	γ	acv	acv
2001-2011	631	0,28480	--	--	3,42	3
2020-2030	798	--	1,26436	--	4,32	4
2030-2040	920	--	--	1,45869	4,99	5

Tabla 16 Estimación de accidentes para la situación 2. Fuente: elaboración propia.

En el caso de la travesía, las IMD promedio de los intervalos se ha obtenido partiendo de las presentadas en el *Anejo 4 Análisis del tráfico* como media de las calculadas a partir de la toma de datos del puesto este y oeste del aforo manual, se muestran en la Tabla 16. Como ya se ha dicho, a éstas se les han aplicado los coeficientes correspondientes a incrementos del tráfico según lo publicado en el BOE núm. 311.

	IMD (veh/día)	
	TRAVESÍA (sin variante)	TRAVESÍA (con variante)
Actualidad (2015)	2441	--
Año puesta en servicio (2020)	2614	742
Año Horizonte (2040)	3479	987

Tabla 17 IMD de la travesía según la situación y el periodo considerado. Fuente: elaboración propia.

Por último, de un modo completamente distinto se ha procedido a conocer el número de accidentes con víctimas en el tramo interurbano recorrido por la variante. Tal y como se ha indicado en el apartado anterior, en este caso se ha empleado la SPF mostrada en la expresión (10). Los valores obtenidos y representados en la Tabla 18 muestran una estimación de accidentes notablemente reducida que oscila entre 0 y la unidad, dejando patente la mejora en seguridad que aporta el nuevo trazado.

AÑO DE PUESTA EN SERVICIO (2020)		
Nº acc (2020-2030)	0,361	0

AÑO HORIZONTE (2040)		
Nº acc (2030-2040)	0,405	0

DATOS	
Longitud (km)	3,420
IMD (veh/día)	2012
Consistencia Global	7,198

DATOS	
Longitud (km)	3,420
IMD (veh/día)	2322
Consistencia Global	7,198

Tabla 18 Estimación de accidentes en la variante para el año de puesta en servicio (izquierda) y el Año Horizonte (derecha). Fuente: elaboración propia.

Si bien, como se ha visto en el *Anejo 4 de Análisis del Tráfico*, la actuación no se justifica por funcionalidad ni por volumen de tráfico, tras analizar la siniestralidad es totalmente comprensible y justificable por seguridad vial. Tal y como reflejan las tablas arriba mostradas, se consigue una reducción drástica de los accidentes con víctimas tras la actuación tanto en la variante como en la travesía (Tabla 19).

	Accidentes con víctimas estimados		
	Travesía	Travesía (con variante)	% reducción acv
2020-2030	15	4	73,3%
2030-2040	18	5	72,2%

Tabla 19 Porcentaje de reducción de accidentes tras la ejecución de la variante. Fuente: elaboración propia.

3.6. Análisis de los márgenes de la variante

En este apartado se van a estudiar con detalle los márgenes de la carretera diseñada ya que son un aspecto fundamental en el agravante de los posibles accidentes que se puedan ocasionar a lo largo del nuevo tramo. Para su redacción se han seguido diferentes guías y recomendaciones como son:

- Anexo III: Márgenes del Plan de Seguridad Vial 2003/2004
- Orden Circular 28/2009 “Criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas”. Anexo a la nota de servicio 5/2012 “Recomendaciones para la redacción del apartado de “barreras de seguridad” del anejo “señalización, balizamiento y defensas” de los proyectos de la Dirección General de Carreteras”
- Anexo a la nota de servicio 5/2012 “Recomendaciones para la redacción del apartado de “barreras de seguridad” del anejo “señalización, balizamiento y defensas” de los proyectos e la Dirección General de Carreteras”

- Orden circular 35/2014 sobre “Criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos”

Como ya se ha dicho, en el diseño de carreteras considerando la seguridad vial juegan un papel fundamental los márgenes de éstas. De manera generalizada existen unos pasos a seguir para el tratamiento de obstáculos ubicados en los márgenes de las carreteras:

- Eliminación del obstáculo o desnivel
- Rediseño del obstáculo
- Traslación del obstáculo
- Disminución de la gravedad, en este caso no se altera la probabilidad de accidente si no que se actúa sobre la severidad de éste en caso de producirse

Siguiendo dichos pasos, se ha prestado especial atención a los apartados existentes en el trazado diseñado y que de manera habitual las guías recomendaciones sobre tratamientos de márgenes señalan como zonas de potencial peligro. Éstas son:

- Accesos a puentes y zonas próximas a pilas o estribos de pasos superiores
- Cunetas con taludes inferiores a 6:1
- Desmontes con taludes inferiores a 3:1
- Terraplenes de altura superior a 3m, o menor altura pero inferiores a 5:1
- Zonas de posible caída a distinto nivel
- Accesos a la variante

Así pues, estas diferentes situaciones se han organizado en los apartados abajo desarrollados.

3.6.1. Barreras de seguridad

De entre las antes expuestas, en este caso se ha empleado la Orden Circular 28/2009 “Criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas” y el Anexo a la nota de servicio 5/2012 “Recomendaciones para la redacción del apartado de “barreras de seguridad” del anejo “señalización, balizamiento y defensas” de los proyectos de la Dirección General de Carreteras”.

Las barreras de seguridad en sí mismas no evitan los accidentes pero si contribuyen a mitigar sus consecuencias y a hacerlo más previsibles ya que son sistemas de contención de vehículos.

Aunque estrictamente, según la O.C 28/2009, no se requiere la instalación de barreras de seguridad en ningún tramo de la nueva vía debido a que la velocidad de proyecto de ésta es de 60 km/h, analizando los márgenes detenidamente se ha estimado oportuno ubicar dichos dispositivos en ciertas zonas singulares.

A modo de conclusión de lo a continuación expuesto, se dispondrán un total de 2039 metros de barreras de seguridad a lo largo de la variante y en el entorno de la intersección oeste del tipo BNSMA2/120^a ya que cumplimenta todos los requisitos necesarios en cuanto nivel de protección, anchura de trabajo y distancia a desnivel.

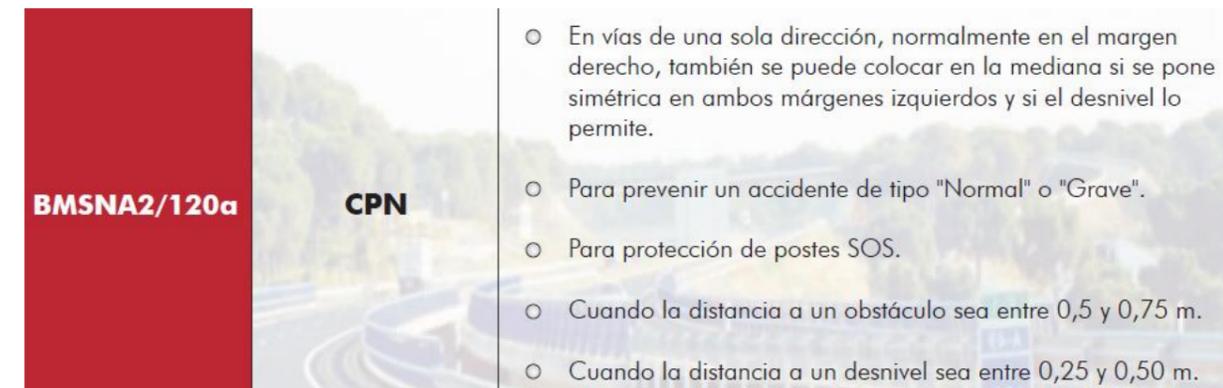


Fig. 16 Características de barrera de seguridad tipo BMSNA2/120^a. Fuente: catálogo de sistemas de contención de Asebal.

En coste total en este caso se estima en 27,45 € el metro lineal de barrera según el Pliego de prescripciones técnicas del documento “*Trabajos de mejora de la seguridad vial en la red foral de carreteras. Actuaciones preventivas y paliativas 2013*” de la Diputación Foral de Álava, el cual define la unidad de obra como:

“*Ml. de barrera de seguridad metálica tipo BMSNA 2/120 galvanizada con poste tubular, cimentado con hormigón o hincado en cualquier clase de terreno, incluso piezas de anclaje, solapes, tornillería, separadores, captafaros cada 8 metros, terminales, abatimientos y medios auxiliares necesarios, totalmente colocada*”.

En todo lo referente a instalación se seguirán las instrucciones expuestas en la norma UNE-EN 1317.

Desmontes y terraplenes

Como se ha indicado anteriormente, la existencia de desmontes o terraplenes con taludes muy inclinados y que además posean cierta altura suponen aspectos que requieren un estudio detallado acompañado de las medidas o justificaciones pertinentes.

En el caso de los desmontes, puesto que a lo largo de la carretera se encuentran dos tipos de terreno diferentes se han adoptado distintos taludes en función de la zona donde se ubica el desmonte concreto. Los terrenos y taludes que se admiten según el tramo de trazado son los proporcionados por el estudio geológico y geotécnico llevado a cabo por Jennifer Tatay Calvet:

- Muschelkalk (TG2), se encuentra entre el P.K. inicial 0+000 y el P.K. 0+954. Los taludes adoptados en éste son de 0,20:1 en desmontes y 2:1 en terraplenes.

- Cuaternario (Q), situado en dos tramos, el primer del P.K. 0+954 al P.K. 1+700 y el segundo del P.K. 3+320 al 3+420. En este caso el talud se corresponde con un 2:1 tanto para desmonte como para terraplén.
- Bundsandstein (TG1), existente entre el P.K. 1+700 y el 3+320. Admite un talud de 0,50:1* en desmonte y un 2:1 en terraplén (se adopta este talud para los 3 primeros metros, a partir de ese nivel el terreno es tipo Muschelkalk que permite un 0,2:1).

Como se puede observar la traza de la nueva carretera atraviesa terrenos muy competentes en lo referente a estabilidad e inclinación de taludes permitida. Puesto que la velocidad de proyecto de la nueva variante es de 60 km/h, las barreras de seguridad no son obligatorias en zona de desmonte según el contenido de la Orden Circular 28/2009. En el caso de los terraplenes sí que se ha considerado oportuno la colocación de barreras de seguridad en los tramos donde se exceden los 3 metros de desnivel respecto de la calzada. Aunque no se alcance la velocidad de proyecto determinada por la normativa, la situación se ha asemejado a un riesgo de accidente normal tipo c.2 (terraplenes de altura superior a 3 metros), de tal forma que los tramos donde se ha dispuesto este dispositivo de seguridad son:

- Margen derecho (sentido de circulación creciente):
 - Entre el P.K. 0+904 y el 1+222, longitud 318 m.
 - Entre el P.K. 1+526 y el 1+804, longitud 278 m.
- Margen izquierdo (sentido de circulación creciente):
 - Entre el P.K. 0+849 y el 1+222, longitud 373 m.
 - Entre el P.K. 1+521 y el 1+821, longitud 300 m.
 - Entre el P.K. 2+004 y el 2+472, longitud 274 m.

En todos los casos el tipo de contención necesaria es normal que, a su vez, se asocia a un nivel de contención tipo H1 (alta) o N2 (normal). Por otro lado, como el objetivo es salvar un desnivel se ha analizado la distancia transversal a éste mínima desde el borde exterior del carril, puesto que se disponen de una arcén de 1 m y de una berma pavimenta de 0,75 m se ha determinado que la distancia al desnivel es de 0,70 m siguiendo las indicaciones de la fig donde D hace referencia a la deflexión dinámica ensaya en cada barrera según la norma UNE-EN 1317.

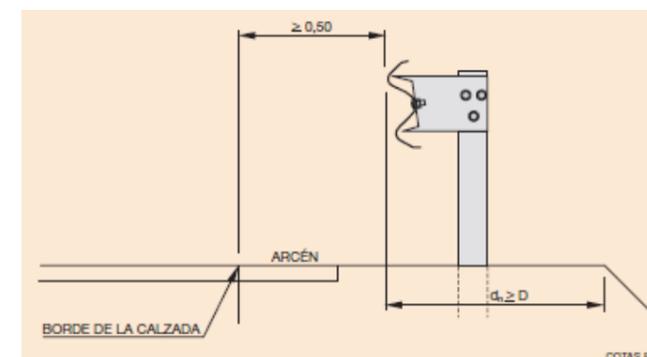


Fig. 17 Distancia mínima entre una barrera de seguridad metálica y un desnivel (d_n).

Fuente: Orden Circular 28/2009.

Por otro lado, dicha normativa recoge que la distancia mínima de anticipación, en este caso de calzada única y una separación al desnivel inferior a 2 metros, es de 100 m tanto antes como después del punto exacto donde se alcancen los 3 m de altura de terraplén. Razón por la cual se ha dispuesto a lo largo de toda la zona de terraplén contigua, hecho que facilita el tipo de tratamientos de los extremos más conveniente en este caso, el empotramiento en el talud de desmonte adyacente al tramo correspondiente.

Pasos superiores

En lo que respecta a los pasos superiores, tal y como se ha expuesto en el *Anejo 12 Cálculo estructural* existen dos obras de fábrica a lo largo de la traza de la nueva carretera. Concretamente, uno de los puentes se ubica entre los P.K. 1+325 y 1+373 con una longitud de 48 metros mientras que el otro se encuentra comprendido entre los puntos kilométricos 2+472 y 2+993 con una longitud de 521 metros.

En ambos casos se dispondrán los pretilos señalados en los anejos anteriormente nombrados tomando en consideración que al inicio y final de éstos se mantendrá una continuidad de la contención mediante barreras de seguridad metálicas. La transición entre los diferentes dispositivos se llevará a cabo de tal forma que se sigan las indicaciones recogidas en la descripción técnica del sistema en cuestión, dicha información ha de ser aportada por el titular del marcado CE. La instalación ha de seguir el proceso seguido en los ensayos de impacto contemplados en la norma UNE-EN 1317. En estas zonas, las barreras de seguridad han de tener las mismas características que en caso anterior ya que a pesar de que se considere un riesgo de accidente grave tipo b.3 (accesos a puentes) el nivel de contención necesario se mantiene entre H1 y N2, también se procederá de igual modo en el tratamiento de los extremos ya que se han determinado longitudes tales que los dispositivos se alarguen hasta el desmonte más próximo.

- Inicio puente 1 (sentido de circulación creciente):
 - Margen derecho, entre el P.K. 1+319 y el 1+325, longitud 6 m.
- Final puente 1 (sentido de circulación creciente):
 - Margen derecho, entre el P.K. 1+373 y el 1+400, longitud 27 m.

- Margen izquierdo, entre el P.K. 1+319 y el 1+325, longitud 6 m.
- Inicio puente 2 (sentido de circulación creciente):
 - Margen derecho, entre el P.K. 2+453 y el 2+472, longitud 19 m.
 - Margen izquierdo, entre el P.K. 2+439 y el 2+472, longitud 33 m.
- Final puente 2 (sentido de circulación creciente):
 - Margen derecho, entre el P.K. 2+993 y el 3+076, longitud 83 m.
 - Margen izquierdo, entre el P.K. 2+993 y el 3+121, longitud 128 m.

Por otro lado, puesto que en el nudo oeste se ha modificado ligeramente la traza de la actual carretera y además su ubicación es próxima a la de los elementos constitutivos del segundo paso superior(riesgo de accidente grave, b.2), se ha contemplado la necesidad de proteger tanto las pilas como el estribo más próximo a dicho tramo de carretera. Esta protección posee un doble objetivo, por un lado la disminución de la gravedad del accidente en caso de un posible impacto por salida de vía y, a su vez, mantener integridad de la obra de fábrica ya que un impacto podría alterar negativamente su seguridad y funcionalidad.

Para la correcta ubicación de ha observado que los elementos más cercanos a la vía se encuentran en el entorno del P.K. 0+210 en el margen derecho y el P.K. 0+240 en el margen izquierdo de la zona restituida de la antigua carretera. En este caso el nivel de contención es H1-N2 puesto que la IMDp por sentido es inferior a los 400 pes/día. En cuanto a la anchura de trabajo disponible, el caso más desfavorable se encuentra en el margen izquierdo donde la distancia transversal al obstáculo se encuentra entre 0,6 y 0,8, correspondiente a una clase de anchura de trabajo mínima W2 (entre 0,6 y 0,8 metros). Por lo que respecta a lo longitud de anticipación se ha tratado como un obstáculo aislado ya que el resto de pilas se encuentran a una distancia superior a 12 m que es definida como proximidad en el caso que se trata. Por tanto, puesto que la velocidad de proyecto es inferior a 70 km/h, se requiere una longitud antes y después de la pila en cuestión de 28 m a los que se han de sumar 12 m por extremo para llevar a cabo el abatimiento hasta el terreno. Así pues, referido a los puntos kilométricos definidos para la restitución del trazado antiguo en el nudo oeste (*Anejo 6 Diseño de los nudos*), las barreras de seguridad se disponen desde el P.K 0+168 al P.K. 0+252 en el margen derecho y, del P.K. 0+198 al P.K. 0+282 en el margen izquierdo.

3.6.2. Cunetas

En cuanto a las cunetas dispuestas en las zonas de desmonte a lo largo del nuevo trazado, tienen una sección trapezoidal con una base y altura de 0,3 m y taludes 1:1. Obviamente no se corresponden con cunetas de seguridad, las cuales han de mantener unos taludes inferiores a 6:1 y sus aristas redondeadas. Dado el tipo de carretera al que se corresponde la nueva variante no se ha estimado oportuno la necesidad de implantar el tipo de cunetas citado ya que conllevaría una mayor ocupación de territorio y, a su vez, un incremento del movimiento de tierras.

Además, una vez visto que el obstáculo no es posible eliminarlo por la necesidad de drenaje longitudinal y tampoco el económicamente viable su rediseño por las características de la vía, se ha procedido a estimar la posibilidad de disminuir la severidad del impacto mediante barreras de seguridad. Así pues, según la Orden Circular 28/2009 puesto que la velocidad de proyecto no alcanza los 80 km/h, es de 60 km/h, no es estrictamente necesaria su protección con estos dispositivos.

3.6.3. Tratamiento de accesos

En cuanto a los accesos existentes a lo largo del nuevo trazado, se han conseguido limitar en número gracias al hecho de haber hecho concurrir previamente antes de llegar a la traza los diferentes caminos que proporcionan accesos a las propiedades colindantes. Este proceso se detalla en el *Anejo 7 Desvíos de tráfico, afecciones y reposición de servicios*. Se ha seguido el criterio de reducir lo máximo posible el número de accesos al tratarse de puntos donde existe mayor riesgo de conflictos y por consiguiente, de accidentes. Por tanto, a pesar de no haber conseguido eliminar el obstáculo en su totalidad se ha reducido su presencia en gran medida, siendo necesario en este caso proceder a una disminución de la gravedad de los posibles accidentes en estos pasos.

Los puntos kilométricos donde se encuentran los accesos son el 0+922 y el 1+535, en ambos casos los caminos intersectan la calzada tanto por el margen derecho como por el izquierdo, quedando pues un total de 4 accesos concentrados en dos zonas concretas. Estos accesos suponen, a su vez, la existencia de pasos salvacunetas con el fin de dar continuidad a las obras de drenaje longitudinal, éstos tubos o pequeñas estructuras enterrados se ha demostrado agravan de manera considerable las consecuencias de un accidente en caso de chocarse contra ellos.

Así pues, tal y como se estipula en la Orden circular 35/2014 sobre "*Criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos*" estos pasos han de ser protegidos frente al impacto por salida de vía mediante sistemas de contención debidamente acreditados o bien por dispositivos específicos que eviten tal impacto, como los mostrados en la figura 12.



Fig. 18 Esquemas de algunos dispositivos para protección de paso salvacunetas. Fuente: Orden circular 35/2014.



Las características de dicho dispositivo según la citada normativa indican que no debe tener una inclinación superior a 4H:1V y que en ningún caso los espacios entre las barras que lo componen deben permitir la introducción de las ruedas del vehículo. Al mismo tiempo, ha de disponer de una rigidez tal que pueda soportar un autobús de 13.000 kg. Por último, es indispensable que el dispositivo en cuestión permita las tareas de limpieza y mantenimiento del elemento de drenaje y el tramo de cuneta afectado.

3.7. Moderadores del tráfico

3.7.1. Introducción y medidas contempladas

A lo largo de este anejo se han enumerado diversos tramos que no alcanzaban los niveles óptimos de consistencia o visibilidad. A pesar de ser casos puntuales y no considerarse excesivamente problemáticos se quieren proponer una serie de medidas que puedan ayudar a mejorar la seguridad global de la variante. Es importante plantearse todas las mejoras, dentro de los límites económico y medioambiental, en cuanto a seguridad y confort de los usuarios durante la fase de diseño ya que de esta manera se alcanza una solución más homogénea en su conjunto, integrando desde un principio las medidas oportunas.

Los moderadores de tráfico pueden considerarse las medidas de seguridad vial por excelencia, a pesar de que su mayor uso es en zona urbano esto no excluye su implantación en tramos interurbanos. Como ya se ha dicho en alguna ocasión en el transcurso de este documento, la velocidad no es un problema en sí mismo aunque si es cierto que en caso de accidente las consecuencias se agravan al aumentar ésta. Pero realmente, el riesgo de colisionar es mínimo si todos los vehículos discurren a velocidad constante y compatible con el trazado y entorno de la carretera. Generalmente dicho riesgo se incrementa cuando se desarrollan un amplio abanico de velocidades dentro de un mismo tramo, incurriendo en una velocidad inadecuada que fomenta en cierto modo los alcances.

Por todo esto, en determinados puntos de la red viaria se ha venido optando por la implantación de muy diversas tipologías de moderadores del tráfico con el objetivo de reducir los accidentes buscando para ello una reducción y, a su vez, homogenización de las velocidades. También toman un papel importante los límites de velocidad impuestos, éstos han de ser creíbles y acordes al trazado ya que en caso contrario anularan el efecto pretendido no solo en ese punto concreto, sino de manera generalizada. Estas medidas no afectan únicamente a la velocidad de los conductores, también inciden sobre la intensidad de la vía minorándola con el fin de reducir, así, la exposición al riesgo de los usuarios.

Así pues, la moderación del tráfico se basa en el uso de medidas y técnicas cuya función en variar la percepción de la zona que el conductor tiene, haciéndole coincidir con los requerimientos de la vía en cada tramo. Las actuaciones llevadas a cabo han de considerarse de forma integrada dentro de una misma zona para alcanzar la uniformidad de la velocidad deseada.

Es importante remarcar que hasta el año 2008 la normativa referente a moderadores de tráfico era inexistente, la cual actualmente vigente únicamente trata ciertos elementos sin

llegar a abarcar una gama amplia de medidas. Razón por la cual lo que a continuación se detalla se basa en estudios y normativas internacionales. A favor, se cree necesario destacar el desarrollo del proyecto nacional MODETRA (“Metodología para el diseño e implantación de sistemas de Moderación de Tráfico”) dentro del Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT).

En cuanto a las posibles actuaciones, se pueden diferenciar según el tipo de actuación:

- Actuaciones en la planta.
- Actuaciones en el alzado.
- Actuaciones en la sección transversal.
- Actuaciones en el pavimento.
- Otras actuaciones.

Puesto que llegados a este punto ya se conoce el trazado definitivo de la alternativa centro, quedan descartadas las actuaciones que consideren modificaciones en la planta. Por otro lado, dado que la nueva vía va a alcanzar altos porcentajes de pesados, como se ha expuesto en el *Anejo 4 Análisis del tráfico*, no se cree conveniente incorporar medidas que conlleven modificaciones en el alzado que podría resultar molestas para éstos o incluso peligrosas para su estabilidad.

De este modo, la elección se ha centrado en los elementos que supusieran una actuación en la sección transversal o en pavimento, ya que además de lo expuesto, se considera lo más adecuado al tratarse de un tramo de carretera convencional.

En primer lugar, respecto a las posibles modificaciones en la sección transversal se ha escogido como más idónea el ensanchamiento continuo, concretamente la mediana, que consiste en la disminución de la anchura eficaz de los carriles durante un cierto recorrido gracias a una franja longitudinal que separa ambos sentidos y que no está destinada a la circulación. De las diferentes versiones existentes se ha escogido la modalidad de mediana plana o franqueable consistente en una amplia franja pintada de rojo y con los bordes blancos tal y como se muestra en la Fig. 19.



Fig. 19 Mediana pintada en Almussafes (valencia). Fuente: Google Earth.

Aplicando esta medida se pretende conseguir una disminución de velocidad y, además, se consigue una clara prohibición de adelantamiento. De llevarse a cabo, ésta supondría una disminución de ligera del volumen de tráfico.

En cuanto a su ubicación, suele estar presente en travesías donde se busca concienciar al conductor de la categoría de calle que ha adquirido la antigua carretera, pero también se puede emplear para alertar al conductor incrementando su atención. Por otro lado, es una medida válida para un amplio rango de intensidades y se considera adecuada para vehículos pesados y de emergencias, y muy adecuada para turismos y furgonetas.

Geométricamente en el caso en el que se pretende aplicar, su anchura ha de ser tal que los carriles queden con un ancho, tras llevarse a cabo el estrechamiento, de entre 2,75 m y 3,2 m. En la situación que se baraja no requeriría ningún tipo de señalización especial.

Por último, se estima un coste entorno a los 5.000€ y una disminución de velocidad del 4% (Ewing y Brown., 2010). La comodidad y seguridad de los usuarios no se vería afectada por la implantación de esta medida.

En segundo lugar, se han barajado diferentes opciones contempladas dentro de las actuaciones en el pavimento. Dentro de las posibilidades se ha centrado la atención en marcas viales de alerta y en cambios en las características del pavimento en sí.

Por lo que respecta a las marcas viales de alerta, entre otras, se distinguen los Chevron (marcas viales en el centro de la calzada) y los Dientes de dragón (marcas viales en los bordes de carril), representados en la Fig. 20. Ambos son elementos pintados en la superficie de rodadura de la carretera cuya distancia intermedia se va reduciendo de tal modo que induce al conductor a una sensación de velocidad de manera que se provoca una ligera deceleración e incremento de la precaución.



Fig. 20 Ejemplo de Chevron (izquierda) y Dientes de dragón (derecha) en el municipio de Bélgida (valencia). Fuente: Google Earth.

Como se aprecia cada modalidad tiene una geometría específica, que se puede consultar en la “*Guía metodológica para la elaboración de planes urbanos de moderación del tráfico*”, libro consultado para el desarrollo de este apartado.

No requieren ningún tipo de señalización ya que por ellas mismas, las marcas actúan como señal de advertencia que tienen como función reducir la velocidad y alertar al conductor de la posible necesidad de una acción preventiva.

En cuanto a su implantación, en caso de colocarse para advertir de una intersección como es el caso no podrán ubicarse las marcas viales a una proximidad menor de la distancia de parada con el fin de centrar la atención del conductor en el elemento del trazado que se avecina y evitar problemas de adherencia. Tampoco se colocaran a una distancia superior a 150 m del elemento a señalar.

Respecto a volúmenes de tráfico no hay limitaciones, pero se requiere especial atención a los vehículos de dos ruedas por los posibles deslizamientos en caso de mala conservación y/o pavimento mojado. En ambos casos el coste de implantación no supera los 1.000€.

Por último, presenta el inconveniente de no haberse comprobado estadísticamente su efectividad en la disminución de la velocidad de operación de los conductores a pesar de observarse una ligera disminución tras implantarse.

Otra de las opciones barajadas ha sido la instalación de bandas transversales de alerta (BTA) en las proximidades de las intersecciones, concretamente en el sentido decreciente de la variante, éstas consisten en unos elementos modificadores de la superficie de rodadura de la calzada cuyo objetivo es alertar al conductor ante la proximidad de un tramo en el que existe un riesgo superior al percibido. Transmiten al conductor una serie de ruidos y vibraciones.



Fig. 21 Ejemplo de BTA en Cuenca. Fuente: Google Earth.

Se diferencian tres tipos: fresadas, resaltadas y a nivel. En cuanto a su ubicación se siguen los mismos criterios expuestos para las marcas viales anteriores. Presentan una buena adecuación para todos los vehículos exceptuando los de dos ruedas para los que únicamente se clasifica como adecuado. En cuanto a la señalización, no requieren ninguna puesta que ellas mismas preavisan al usuario del posible peligro.

Por otro lado, el coste se estima en un intervalo de 1.001 y 5.000 € y su efectividad, aunque no verificada estadísticamente, muestra un ligero descenso de la velocidad de los conductores.

Para finalizar con las medidas sopesadas, se contempla la posibilidad del cambio de las características del pavimento mediante la colocación de un tramo de capa de rodadura de alta fricción que puede ir acompañado de un cambio de color para suponer un mayor impacto visual al conductor. Se busca, al igual que con el resto de medidas, una disminución, aunque ligera, de la velocidad. Las limitaciones geométricas se centran en abarcar un tramo mínimo de 5 m y máximo de 10m, con un espesor menor de 6 mm. El coste rondaría los 5.000€.

3.7.2. Elección de moderadores del tráfico

Una vez planteadas las diferentes opciones tenidas en cuenta, a continuación se va a proceder a la elección definitiva, así, como la definición concreta del modo de implantación. Se han de tener en cuenta las necesidades de cada punto y los objetivos que se quieren alcanzar.

En primer lugar para mejorar el problema de consistencia aceptable al principio y final del propuesto como trazado definitivo, que ya se ha remarcado que eran existentes antes de la actuación porque esos tramos forman parte de la actual CV-190 en el entorno de Figueroles, se ha optado por el moderador de tráfico que considera la modificación de la sección transversal de los carriles gracias a la ejecución de una mediana pintada. Concretamente, se ha decidido la colocación de esta medida en la longitud total de la

recta donde se ubica el P.K. 0+000,00 (inicial) y en la propia del P.K. 3+420,38 (final) ya que los problemas detectados se centran en la disparidad de velocidad en éstas, por su gran longitud, y de las curvas anterior y posterior respectivamente. En los dos casos el sección de los carriles pasará de 3,5 m a 3,2 m, quedando una mediana de 0,6 m de amplitud.

Conjuntamente con este moderador se ha determinado colocar en las proximidades de dichas curvas según el sentido de avance señalización que indique al tiempo una limitación de velocidad y alerte de la existencia de curva peligrosa de manera que los conductores conozcan la causa de esa limitación en su velocidad.

En segundo lugar, ya se ha comentado que ambos nudos se presentan en curvas de tal forma que para incrementar la atención de los usuarios en las proximidades de las intersecciones se ha decidido la instalación de las bandas transversales de alerta (BTA). En ambos casos se colocará en el sentido decreciente de la marcha, en el nudo este porque el conductor tras una serie de curvas consecutivas se encuentra en la última de ellas con la intersección y la posible salida de vehículos que ello conlleva, mientras que en el nudo oeste se ha decidido así debido a que en ese sentido de circulación los usuarios alcanzan el punto donde se localiza el nudo provenientes de un tramo de fuerte pendiente.

En cuanto a las características geométricas de tales bandas, se dispondrán en todo el ancho del carril y con amplitud de las mismas de 0,25 cm. Concretamente se colocarán tal y como se detalla en la Orden FOM/3035/2008 *“Instrucción técnica para la instalación de reductores de velocidad y bandas transversales de alerta en carreteras de la Red de Carreteras del Estado”*.



APÉNDICE I: TRAZADOS CONSIDERADOS

ALTERNATIVA CENTRO

En este apéndice se muestran las principales características de los diferentes trazados considerados hasta alcanzar el definitivo mostrado en el apartado 3. Para cada iteración se muestra el trazado correspondiente junto con el análisis de consistencia y el perfil de velocidad de operación correspondiente a cada sentido de circulación.

La simbología empleada a lo largo de éste tiene el siguiente significado expuesto en Tabla 20. En cuanto a las flechas que aparecen en las figuras correspondientes a trazado, las ubicadas al norte del trazado hacen referencia al sentido creciente, y la que se encuentran al sur, al decreciente. Por otro lado, respecto a los perfiles de operación, las flechas que aparecen en los extremos se refieren a problemas de consistencia con la carretera actual. Por último, las casillas de las tablas remarcadas son aquellas cuya velocidad está por

encima de la media, criterio I de Lamm, y en las que se decelera respecto al elemento anterior, criterio II de Lamm.

SIMBOLOGÍA			SIMBOLOGÍA		
Consistencia. Criterio I de Lamm	Buena	--	Consistencia. Criterio II de Lamm	Buena	
	Aceptable	■		Aceptable	←■
	Pobre	■		Pobre	→■

Tabla 20 Simbología empleada para resaltar deficiencias en la consistencia local. Fuente: elaboración propia.

PRIMER DISEÑO GEOMÉTRICO

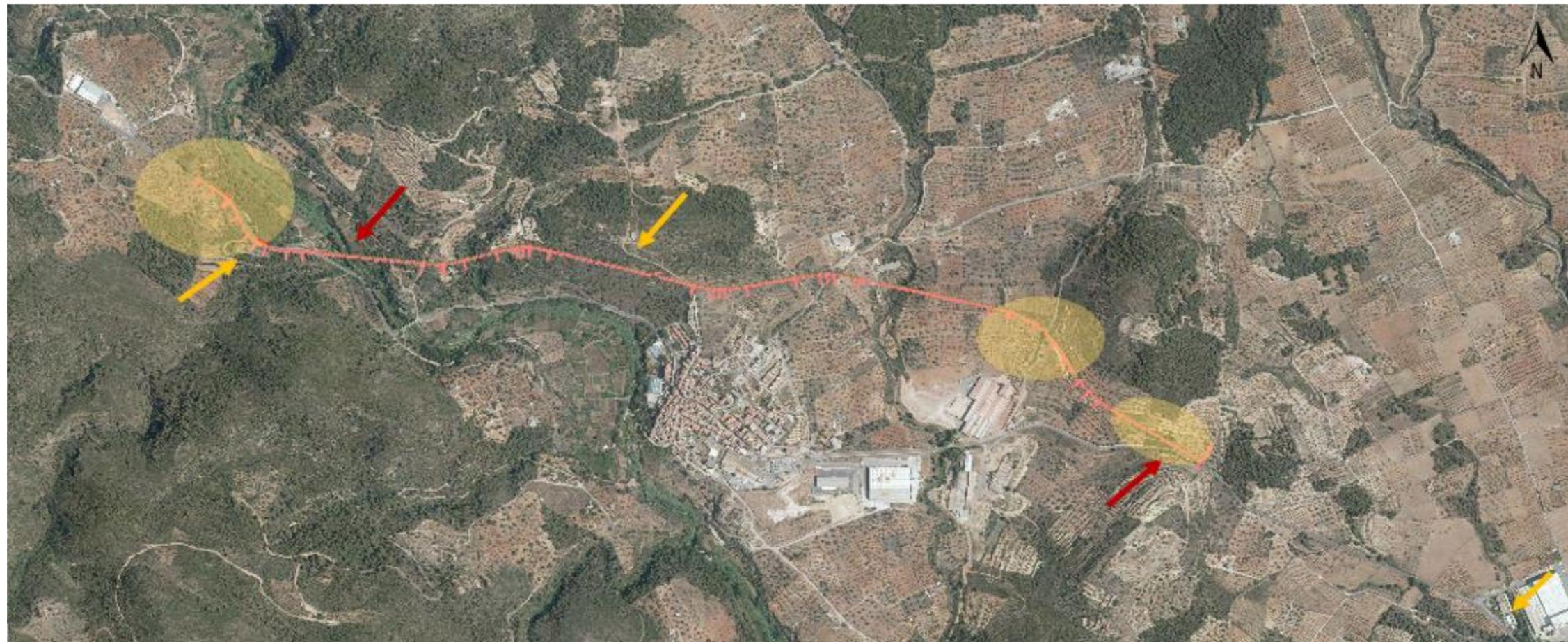


Fig. 22 Trazado I: diseño geométrico de la variante. Fuente: Anejo 5 Diseño geométrico.



ALTERNATIVA CENTRO

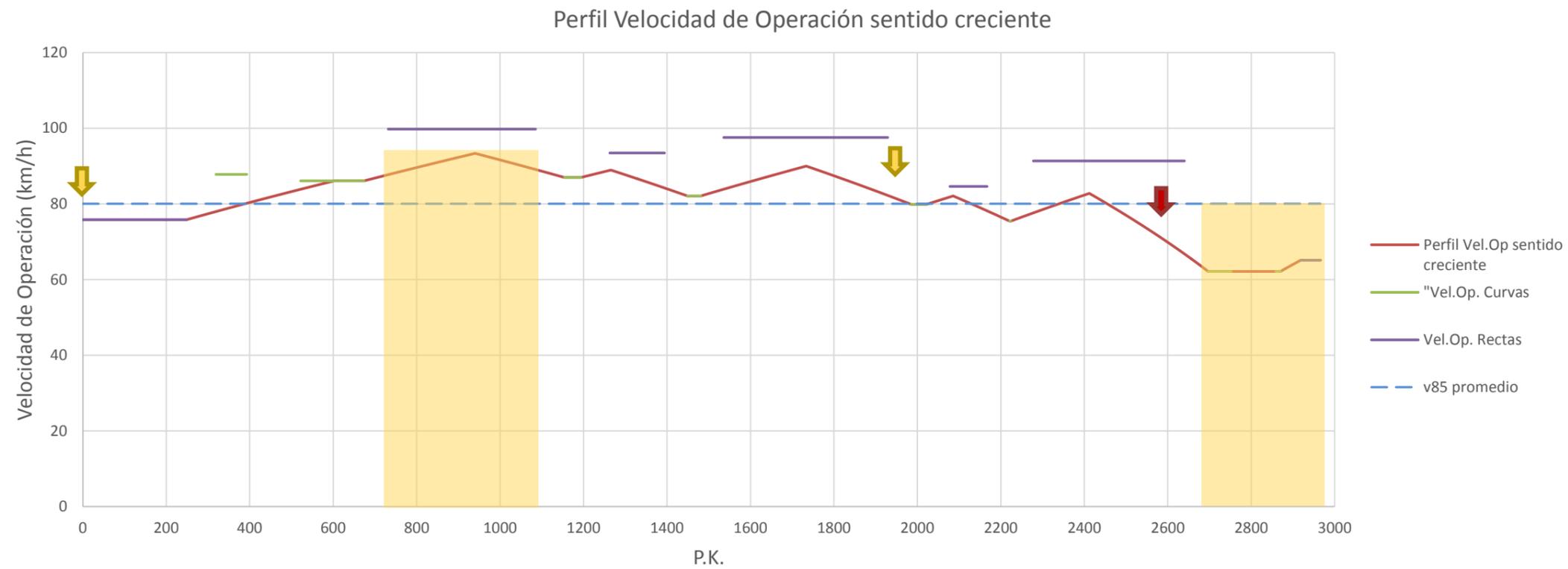


Fig. 23 Trazado I: perfil de velocidad operación en el sentido creciente. Fuente: elaboración propia.

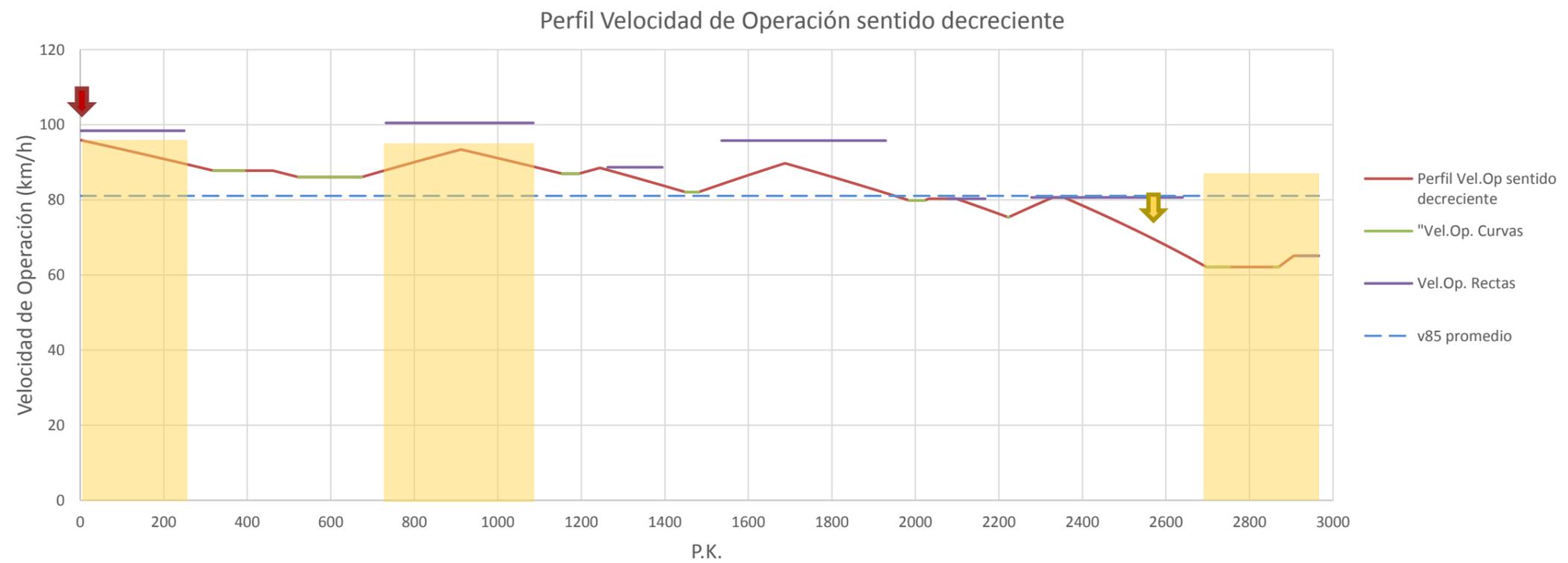


Fig. 24 Trazado I: perfil de velocidad de operación en el sentido decreciente. Fuente: elaboración propia



ALTERNATIVA CENTRO

LAMM I					
Velocidad de diseño (km/h)			80,043		
Velocidad de diseño (km/h)			81,091		
SENTIDO CAST-LUC			SENTIDO LUC-CAST		
Elemento	V85 (km/h)	V _{85i} -V _d	Elemento	V85 (km/h)	V _{85i} -V _d
RECTA 1	75,828	4,215	RECTA 7	65,121	14,922
CURVA 1	87,797	7,754	CURVA 8	62,145	17,898
CURVA 2	86,087	6,044	CURVA 7	62,145	17,898
RECTA 2	93,353	13,310	RECTA 6	80,672	0,629
CURVA 3	86,990	6,947	CURVA 6	75,446	4,597
RECTA 3	88,925	8,882	RECTA 5	80,322	0,278
CURVA 4	82,097	2,053	CURVA 5	79,880	0,163
RECTA 4	89,974	9,931	RECTA 4	89,755	9,712
CURVA 5	79,880	0,163	CURVA 4	82,097	2,053
RECTA 5	82,085	2,042	RECTA 3	88,525	8,482
CURVA 6	75,446	4,597	CURVA 3	86,990	6,947
RECTA 6	82,775	2,732	RECTA 2	93,421	13,378
CURVA 7	62,145	17,898	CURVA 2	86,087	6,044
CURVA 8	62,145	17,898	CURVA 1	87,797	7,754
RECTA 7	65,121	14,922	RECTA 1	95,954	15,910

Tabla 21 Trazado I: consistencia local según el criterio de Lamm I. Fuente: elaboración propia.

LAMM II					
SENTIDO CAST-LUC			SENTIDO LUC-CAST		
Elemento	V85 (km/h)	V85 _i -V85 _{i-1}	Elemento	V85 (km/h)	V85 _i -V85 _{i-1}
Curva_o	62,145	13,683	Curva_f	62,145	2,975
RECTA 1	75,828	4,337	RECTA 7	65,121	2,975
CURVA 1	80,165	5,922	CURVA 8	62,145	0,000
CURVA 2	86,087	7,266	CURVA 7	62,145	18,527
RECTA 2	93,353	6,363	RECTA 6	80,672	5,226
CURVA 3	86,990	1,935	CURVA 6	75,446	4,875
RECTA 3	88,925	6,829	RECTA 5	80,322	0,442
CURVA 4	82,097	7,878	CURVA 5	79,880	9,875
RECTA 4	89,974	10,094	RECTA 4	89,755	7,658
CURVA 5	79,880	2,205	CURVA 4	82,097	6,428
RECTA 5	82,085	6,639	RECTA 3	88,525	1,535
CURVA 6	75,446	7,329	CURVA 3	86,990	6,431
RECTA 6	82,775	20,629	RECTA 2	93,421	7,334
CURVA 7	62,145	0,000	CURVA 2	86,087	1,710
CURVA 8	62,145	2,975	CURVA 1	87,797	8,157
RECTA 7	65,121	2,975	RECTA 1	95,954	33,808
Curva_f	62,145	--	Curva_o	62,145	--

Tabla 22 Trazado I: consistencia local según el criterio de Lamm II. Fuente: elaboración propia.

SEGUNDO DISEÑO GEOMÉTRICO



Fig. 25 Trazado II: diseño geométrico de la variante. Fuente: *Anejo 5 Diseño geométrico*.



ALTERNATIVA CENTRO

Perfil Velocidad de Operación (sentido creciente)

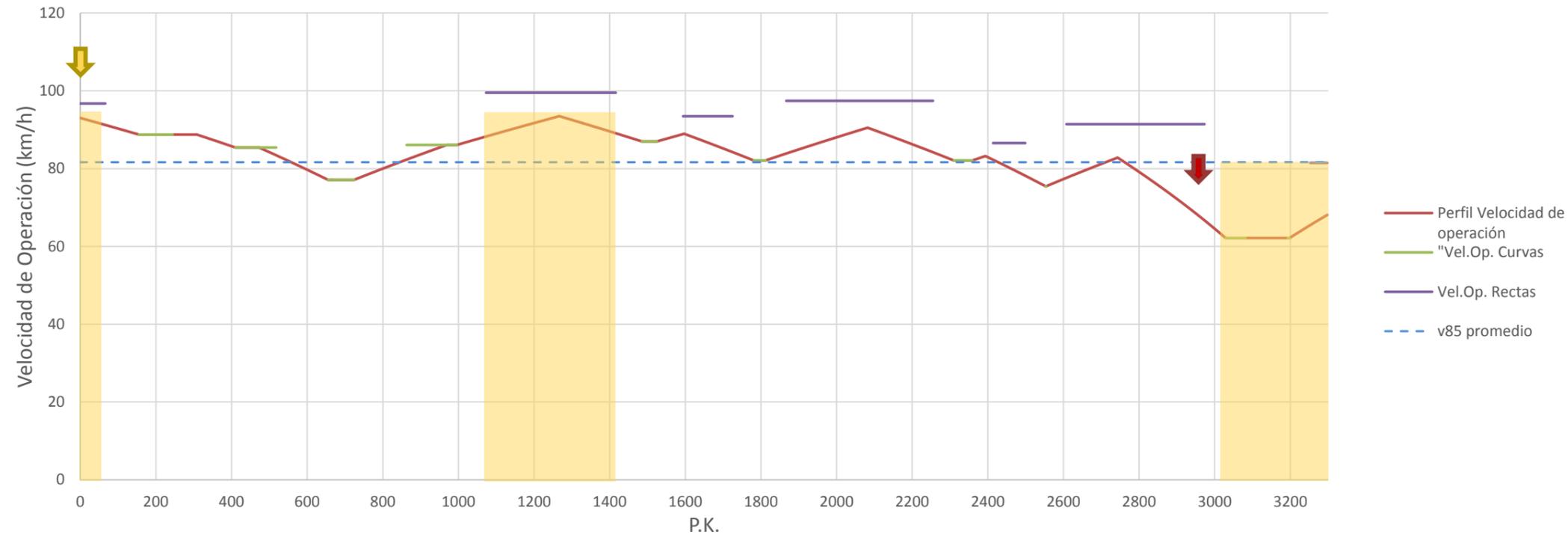


Fig. 26 Trazado II: perfil de velocidad operación en el sentido creciente. Fuente: elaboración propia.

Perfil Velocidad de Operación (sentido decreciente)

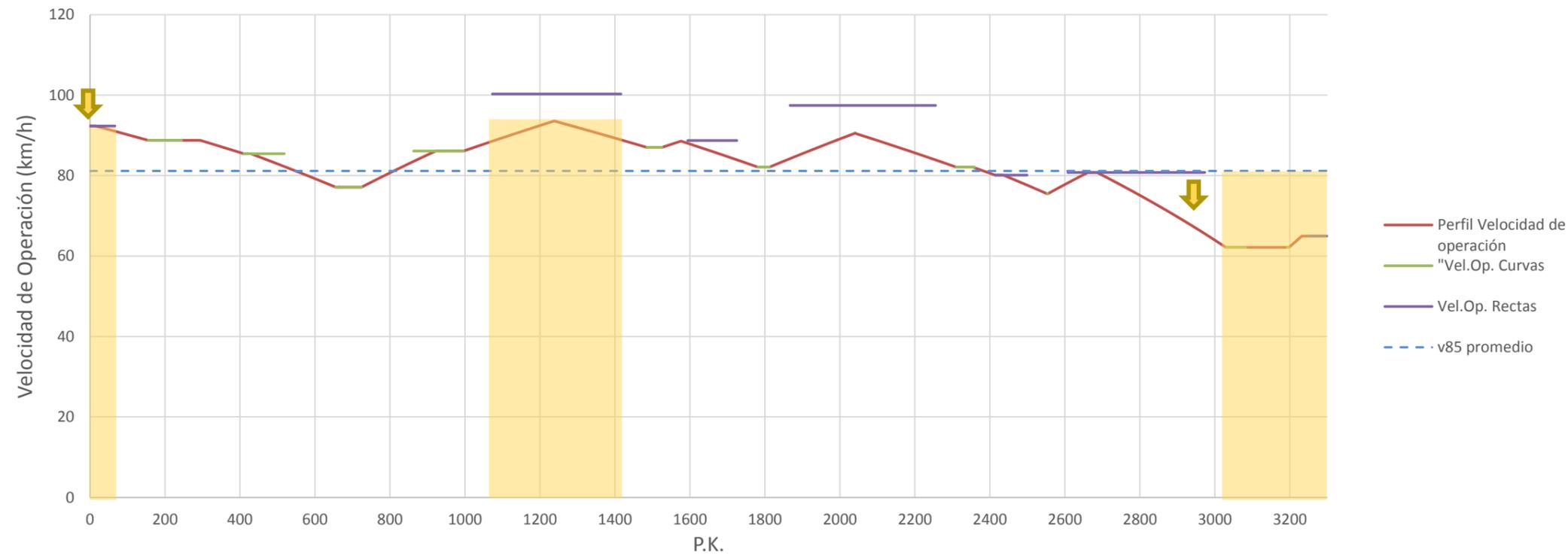


Fig. 27 Trazado II: perfil de velocidad operación en el sentido decreciente. Fuente: elaboración propia.



LAMM I					
Velocidad de diseño (km/h)		81,667	Velocidad de diseño (km/h)		81,444
SENTIDO CRECIENTE			SENTIDO DECRECIENTE		
Elemento	V85 (km/h)	V _{85i} -V _d	Elemento	V85 (km/h)	V _{85i} -V _d
RECTA 1	93,011	11,344	RECTA 1	92,665	11,221
CURVA 1	88,747	7,080	CURVA 1	88,747	7,303
CURVA 2	85,422	3,755	CURVA 2	85,422	3,978
CURVA 3	77,109	4,558	CURVA 3	77,109	4,335
CURVA 4	86,087	4,420	CURVA 4	86,087	4,643
RECTA 2	93,469	11,802	RECTA 2	93,550	12,106
CURVA 5	86,990	5,323	CURVA 5	86,990	5,547
RECTA 3	88,952	7,285	RECTA 3	88,548	7,105
CURVA 6	82,097	0,429	CURVA 6	82,097	0,653
RECTA 4	90,507	8,840	RECTA 4	90,550	9,106
CURVA 7	82,097	0,429	CURVA 7	82,097	0,653
RECTA 5	83,210	1,542	RECTA 5	80,101	1,343
CURVA 8	75,446	6,221	CURVA 8	75,446	5,998
RECTA 6	82,812	1,145	RECTA 6	80,764	0,679
CURVA 9	62,145	19,522	CURVA 9	62,145	19,298
CURVA 10	62,145	19,522	CURVA 10	62,145	19,298
RECTA 7	68,096	13,571	RECTA 7	70,081	11,363

Tabla 23 Trazado II: consistencia local según el criterio de Lamm I. Fuente: elaboración propia.

LAMM II					
SENTIDO CRECIENTE			SENTIDO DECRECIENTE		
Elemento	V85 (km/h)	V85 _i -V85 _{i-1}	Elemento	V85 (km/h)	V85 _i -V85 _{i-1}
Curva_o	75,446	17,565	Curva_f	62,145	7,936
RECTA 1	93,011	4,264	RECTA 7	70,081	7,936
CURVA 1	88,747	3,325	CURVA 10	62,145	0,000
CURVA 2	85,422	8,313	CURVA 9	62,145	18,619
CURVA 3	77,109	8,978	RECTA 6	80,764	5,318
CURVA 4	86,087	7,382	CURVA 8	75,446	4,655
RECTA 2	93,469	6,478	RECTA 5	80,101	1,996
CURVA 5	86,990	1,962	CURVA 7	82,097	8,454
RECTA 3	88,952	6,856	RECTA 4	90,550	8,454
CURVA 6	82,097	8,410	CURVA 6	82,097	6,452
RECTA 4	90,507	8,410	RECTA 3	88,548	1,558
CURVA 7	82,097	1,113	CURVA 5	86,990	6,559
RECTA 5	83,210	7,763	RECTA 2	93,550	7,463
CURVA 8	75,446	7,366	CURVA 4	86,087	8,978
RECTA 6	82,812	20,667	CURVA 3	77,109	8,313
CURVA 9	62,145	0,000	CURVA 2	85,422	3,325
CURVA 10	62,145	5,951	CURVA 1	88,747	3,918
RECTA 7	68,096	5,951	RECTA 1	92,665	17,219
Curva_f	62,145	--	Curva_o	75,446	--

Tabla 24 Trazado II: consistencia local según el criterio de Lamm II. Fuente: elaboración propia.

TERCER DISEÑO GEOMÉTRICO



Fig. 28 Trazado III: diseño geométrico de la variante. Fuente: *Anejo 5 Diseño geométrico*.

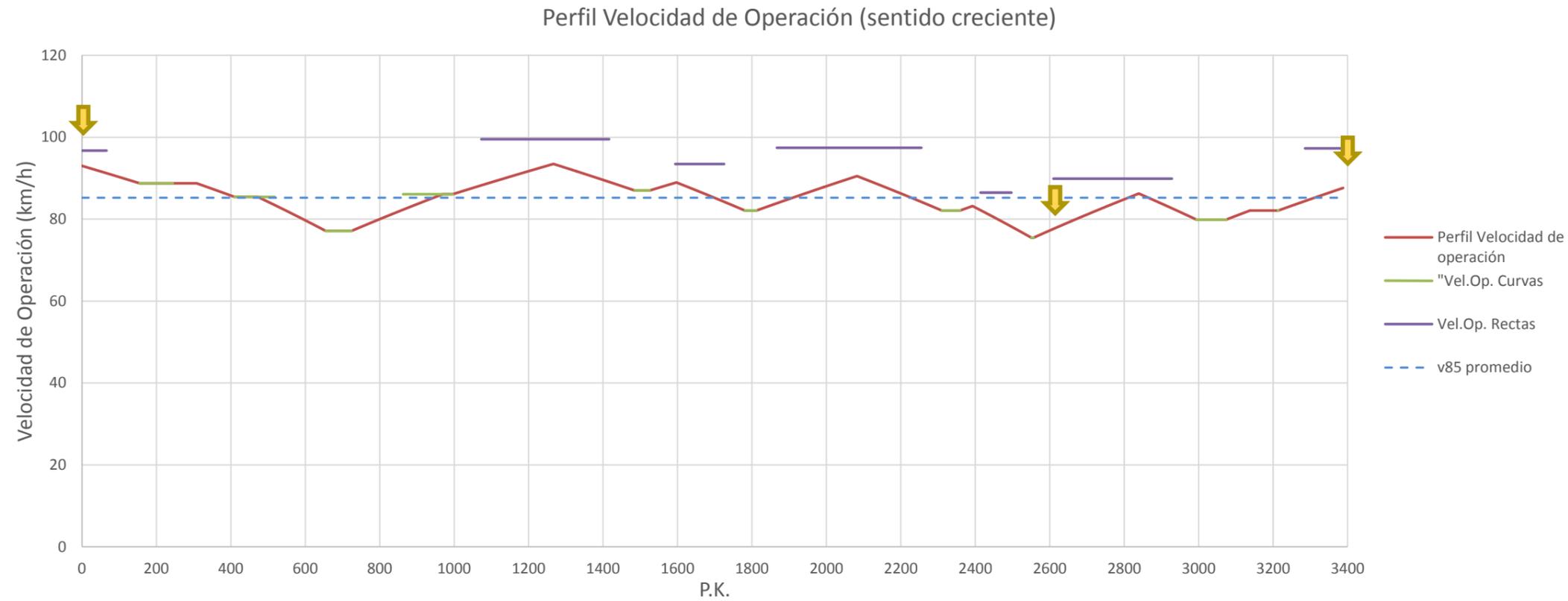


Fig. 29 Trazado III: perfil de velocidad operación en el sentido creciente. Fuente: elaboración propia.

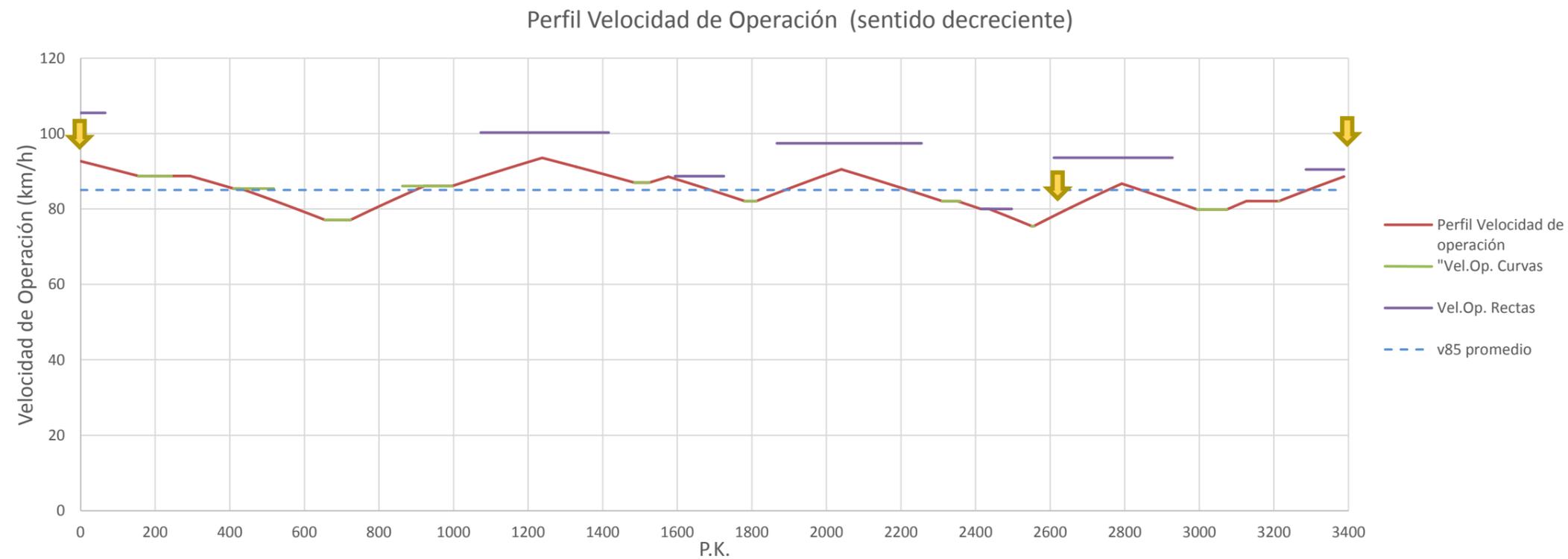


Fig. 30 Trazado III: perfil de velocidad operación en el sentido decreciente. Fuente: elaboración propia.

Fi



LAMM I					
Velocidad de diseño (km/h)			Velocidad de diseño (km/h)		
85,231			85,067		
SENTIDO CRECIENTE			SENTIDO DECRECIENTE		
Elemento	V85 (km/h)	V _{85i} -V _d	Elemento	V85 (km/h)	V _{85i} -V _d
RECTA 1	93,011	7,780	RECTA 1	92,194	7,127
CURVA 1	88,747	3,516	CURVA 1	88,747	3,681
CURVA 2	85,422	0,191	CURVA 2	85,422	0,355
CURVA 3	77,109	8,122	CURVA 3	77,109	7,958
CURVA 4	86,087	0,856	CURVA 4	86,087	1,020
RECTA 2	93,469	8,238	RECTA 2	93,550	8,483
CURVA 5	86,990	1,759	CURVA 5	86,990	1,924
RECTA 3	88,952	3,721	RECTA 3	88,548	3,482
CURVA 6	82,097	3,135	CURVA 6	82,097	2,970
RECTA 4	90,507	5,276	RECTA 4	90,550	5,484
CURVA 7	82,097	3,135	CURVA 7	82,097	2,970
RECTA 5	83,170	2,061	RECTA 5	80,006	5,060
CURVA 8	75,446	9,785	CURVA 8	75,446	9,620
RECTA 6	86,242	1,010	RECTA 6	86,719	1,652
CURVA 9	79,880	5,351	CURVA 9	79,880	5,187
CURVA 10	82,097	3,135	CURVA 10	82,097	2,970
RECTA 7	87,609	2,378	RECTA 7	88,594	3,527

Tabla 19 Trazado III: consistencia local según el criterio de Lamm I. Fuente: elaboración propia.

LAMM II					
SENTIDO CRECIENTE			SENTIDO DECRECIENTE		
Elemento	V85 (km/h)	V85 _i -V85 _{i-1}	Elemento	V85 (km/h)	V85 _i -V85 _{i-1}
Curva_o	75,446	17,565	Curva_f	73,546	15,047
RECTA 1	93,011	4,264	RECTA 7	88,594	6,497
CURVA 1	88,747	3,325	CURVA 10	82,097	2,217
CURVA 2	85,422	8,313	CURVA 9	79,880	6,839
CURVA 3	77,109	8,978	RECTA 6	86,719	11,272
CURVA 4	86,087	7,382	CURVA 8	75,446	4,560
RECTA 2	93,469	6,478	RECTA 5	80,006	2,090
CURVA 5	86,990	1,962	CURVA 7	82,097	8,454
RECTA 3	88,952	6,856	RECTA 4	90,550	8,454
CURVA 6	82,097	8,410	CURVA 6	82,097	6,452
RECTA 4	90,507	8,410	RECTA 3	88,548	1,558
CURVA 7	82,097	1,074	CURVA 5	86,990	6,559
RECTA 5	83,170	7,724	RECTA 2	93,550	7,463
CURVA 8	75,446	10,795	CURVA 4	86,087	8,978
RECTA 6	86,242	6,362	CURVA 3	77,109	8,313
CURVA 9	79,880	2,217	CURVA 2	85,422	3,325
CURVA 10	82,097	5,513	CURVA 1	88,747	3,446
RECTA 7	87,609	14,063	RECTA 1	92,194	16,747
Curva_f	73,546	--	Curva_o	75,446	--

Tabla 20 Trazado III: consistencia local según el criterio de Lamm II. Fuente: elaboración propia.

CUARTO DISEÑO GEOMÉTRICO



Fig. 31 Trazado IV: diseño geométrico de la variante. Fuente: *Anejo 5 Diseño geométrico*.



ALTERNATIVA CENTRO

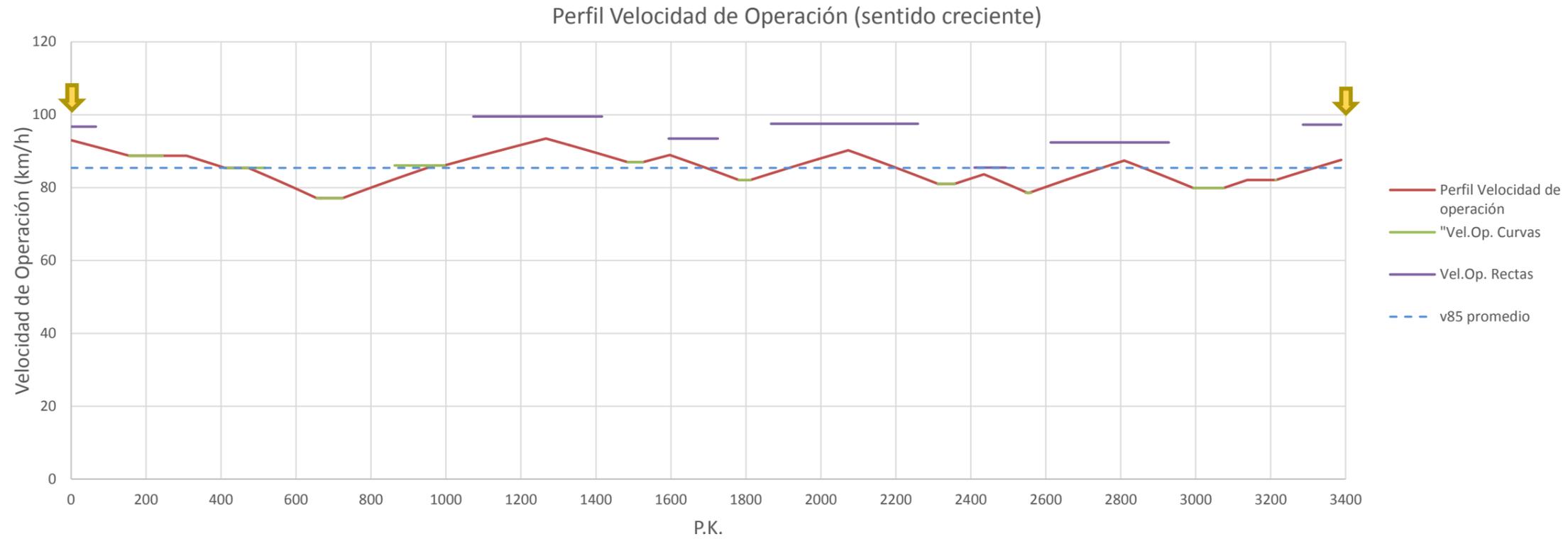


Fig. 32 Trazado IV: perfil de velocidad operación en el sentido creciente. Fuente: elaboración propia.

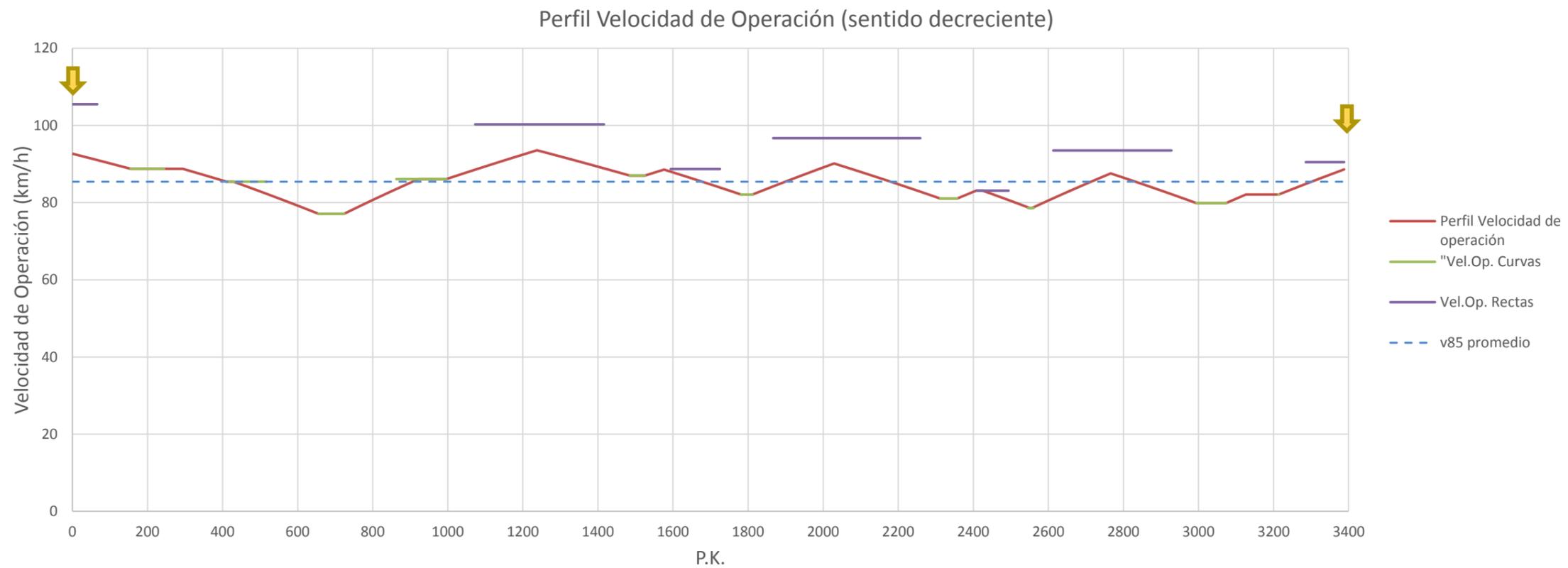


Fig. 33 Trazado IV: perfil de velocidad operación en el sentido decreciente. Fuente: elaboración propia.



LAMM I					
Velocidad de diseño (km/h)			Velocidad de diseño (km/h)		
85,435			85,394		
SENTIDO CRECIENTE			SENTIDO DECRECIENTE		
Elemento	V85 (km/h)	V _{85i} -V _d	Elemento	V85 (km/h)	V _{85i} -V _d
RECTA 1	93,011	7,576	RECTA 1	92,194	6,799
CURVA 1	88,747	3,312	CURVA 1	88,747	3,353
CURVA 2	85,422	0,013	CURVA 2	85,422	0,028
CURVA 3	77,109	8,326	CURVA 3	77,109	8,285
CURVA 4	86,087	0,652	CURVA 4	86,087	0,693
RECTA 2	93,469	8,034	RECTA 2	93,550	8,155
CURVA 5	86,990	1,556	CURVA 5	86,990	1,596
RECTA 3	88,952	3,517	RECTA 3	88,548	3,154
CURVA 6	82,097	3,338	CURVA 6	82,097	3,298
RECTA 4	90,239	4,804	RECTA 4	90,127	4,733
CURVA 7	81,047	4,388	CURVA 7	81,047	4,348
RECTA 5	83,652	1,783	RECTA 5	83,087	2,307
CURVA 8	78,576	6,859	CURVA 8	78,576	6,818
RECTA 6	87,409	1,975	RECTA 6	87,551	2,157
CURVA 9	79,880	5,555	CURVA 9	79,880	5,514
CURVA 10	82,097	3,338	CURVA 10	82,097	3,298
RECTA 7	87,609	2,174	RECTA 7	88,594	3,199

Tabla 21 Trazado IV: consistencia local según el criterio de Lamm I. Fuente: elaboración propia.

LAMM II					
SENTIDO CRECIENTE			SENTIDO DECRECIENTE		
Elemento	V85 (km/h)	V85 _i -V85 _{i-1}	Elemento	V85 (km/h)	V85 _i -V85 _{i-1}
Curva_o	75,446	17,565	Curva_f	73,546	15,047
RECTA 1	93,011	4,264	RECTA 7	88,594	6,497
CURVA 1	88,747	3,325	CURVA 10	82,097	2,217
CURVA 2	85,422	8,313	CURVA 9	79,880	7,671
CURVA 3	77,109	8,978	RECTA 6	87,551	8,975
CURVA 4	86,087	7,382	CURVA 8	78,576	4,512
RECTA 2	93,469	6,478	RECTA 5	83,087	2,041
CURVA 5	86,990	1,962	CURVA 7	81,047	9,080
RECTA 3	88,952	6,856	RECTA 4	90,127	8,030
CURVA 6	82,097	8,143	CURVA 6	82,097	6,452
RECTA 4	90,239	9,193	RECTA 3	88,548	1,558
CURVA 7	81,047	2,605	CURVA 5	86,990	6,559
RECTA 5	83,652	5,076	RECTA 2	93,550	7,463
CURVA 8	78,576	8,834	CURVA 4	86,087	8,978
RECTA 6	87,409	7,530	CURVA 3	77,109	8,313
CURVA 9	79,880	2,217	CURVA 2	85,422	3,325
CURVA 10	82,097	5,513	CURVA 1	88,747	3,446
RECTA 7	87,609	14,063	RECTA 1	92,194	16,747
Curva_f	73,546	--	Curva_o	75,446	--

Tabla 25 Trazado IV: consistencia local según el criterio de Lamm II. Fuente: elaboración propia.



APÉNDICE II: ESTUDIO DE LA VISIBILIDAD

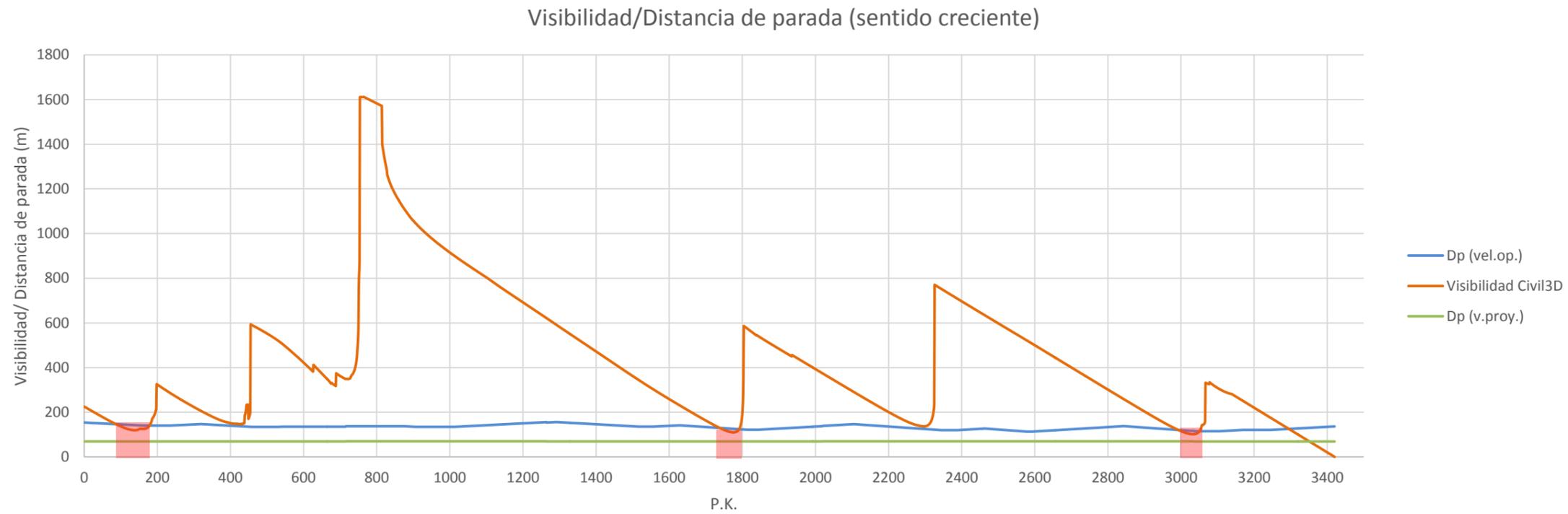


Fig. 34 Gráfico comparativo visibilidad/distancia de parada, sentido decreciente. Fuente: elaboración propia.

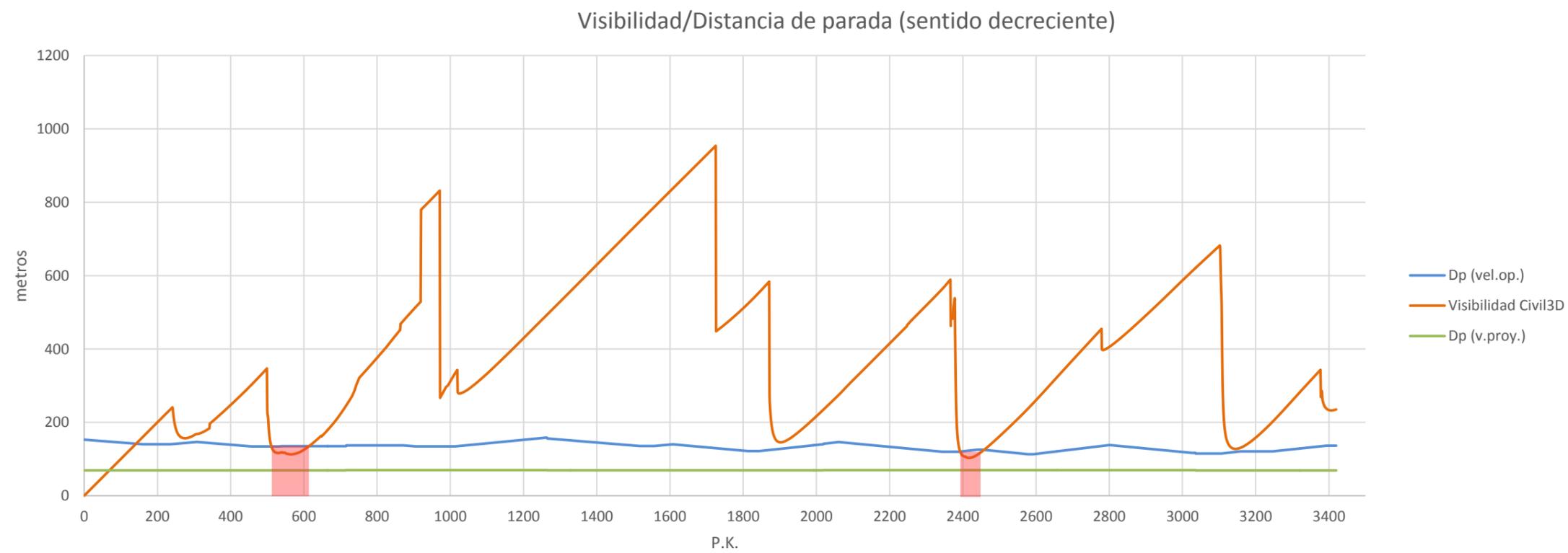


Fig. 35 Gráfico comparativo visibilidad/distancia de parada, sentido decreciente. Fuente: elaboración propia.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



DOCUMENTO Nº4

VALORACIÓN ECONÓMICA

CONCURSO PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE CV-190 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE FIGUEROLES (PROVINCIA DE CASTELLÓN).
ALTERNATIVA CENTRO



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



VALORACIÓN ECONÓMICA

CUADRO DE PRECIOS

CONCURSO PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE CV-190 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE FIGUEROLES (PROVINCIA DE CASTELLÓN).
ALTERNATIVA CENTRO

CUADRO DE PRECIOS 1

Nº	CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO EN LETRA	IMPORTE
0001	P001	m²	M2 Demolición de cualquier tipo de firme o pavimento existente de cualquier tipo de espesor i/ bajas por rendimiento por paso de vehículos, demolición de aceras, isletas, bordillos y toda clase de piezas especiales de pavimentación, descombrado, carga y transporte de material demolido a gestor autorizado hasta una distancia de 60 km.	TRES EUROS con OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS	3.85
0002	P002	m²	M2 Despeje y desbroce del terreno por medios mecánicos i/ destoconado, 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.	CERO EUROS con CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS	0.58
0003	P003	m³	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.	UN EUROS con NOVENTA Y OCHO CÉNTIMOS	1.98
0004	P004	m³	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.	CINCO EUROS con SETENTA Y TRES CÉNTIMOS	5.73
0005	P005	m³	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 refino de la superficie de la coronación.	SEIS EUROS con SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS	6.67
0006	P006	m³	M3 Relleno, extendido y compactado de tierras, por medios mecánicos, en tongadas de 15 cm de espesor, incluso aporte de las mismas.	DOCE EUROS con CUARENTA CÉNTIMOS	12.40
0007	P007	m³	M3 Zahorra artificial i/ transporte, extensión y compactación. Medido sobre perfil teórico	DIECIOCHO EUROS con DIECINUEVE CÉNTIMOS	18.19
0008	P008	t	Tn Mezcla bituminosa en caliente tipo AC22 base G (G-20 base) extendida y compactada, excepto betún y polvo mineral de aportación.	VEINTISEIS EUROS con CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS	26.47
0009	P009	t	Tn Mezcla bituminosa en caliente tipo AC32 bin 50/70 S (S-20 intermedia), extendida y compactada, excepto betún y polvo mineral de aportación	VEINTISEIS EUROS con CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS	26.46
0010	P010	t	Tn Mezcla bituminosa en caliente AC22 surf 50/70 S extendida y compactada, excepto betún y polvo mineral de aportación	VEINTISEIS EUROS con TRECE CÉNTIMOS	26.13
0011	P011	t	Tn Betún asfáltico en mezclas bituminosas B 50/70	CUATROCIENTOS CUARENTA EUROS	440.00
0012	P012	t	Tn Polvo mineral o carbonato (triclasa o similar) empleado como polvo mineral de aportación en mezclas bituminosas en caliente puesto a pie de obra o planta.	CUARENTA Y NUEVE EUROS con VEINTISIETE CÉNTIMOS	49.27

CUADRO DE PRECIOS 1

Nº	CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO EN LETRA	IMPORTE
0013	P013	t	Tn Emulsión C60B3-ADH en riegos de adherencia o C60B3-CUR en riegos de curado i/ barrido y preparación de la superficie, totalmente terminado.	TRESCIENTOS SESENTA Y NUEVE EUROS con SETENTA CÉNTIMOS	369.70
0014	P014	t	Tn Emulsión C60BF5-IMP en riegos de imprimación i/ barrido y preparación de la superficie, totalmente terminado.	TRESCIENTOS SETENTA Y NUEVE EUROS con VEINTITRES CÉNTIMOS	379.23
0015	P015	m³	M3 Material granular para filtro, con tamaño medio de 0.04 metros, incluso transporte, extendido y compactación.	VEINTIDOS EUROS	22.00
0016	P016	m³	M3 Escollera de piedras sueltas, de tamaño medio, 0,2 m en protección de taludes o encauzamiento de ríos, completamente terminada, incluso el transporte.	VEINTICUATRO EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS	24.80
0017	P017	m³	M3 Escollera de piedras sueltas, de tamaño medio 1.3 metros en protección local de pilas, completamente terminada, incluso el transporte	TREINTA Y DOS EUROS con OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS	32.85
0018	P019	m³	M3 Hormigón en masa HM-20 en formación de cunetas i/ encofrado, fratasado, acabados y juntas.	OCHENTA Y NUEVE EUROS con DIEZ CÉNTIMOS	89.10
0019	P020	m²	M2 DE BANDA TRANSVERSAL SONORA REALIZADA CON PINTURA TIPO DOBLE COMPONENTE Y TACOS PARA REDUCCIÓN DE VELOCIDAD, TOTALMENTE TERMINADO	CINCUENTA Y TRES EUROS con DIEZ CÉNTIMOS	53.10
0020	P021	u	ud Señal rectangular de 60x120 cm de lado, retrorreflectante de clase RA3, colocada sobre postes galvanizados, fijados a tierra mediante y hormigonado i/ tornillería y elementos de fijación y transporte a lugar de empleo.	CIENTO SETENTA Y CINCO EUROS con TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS	175.38
0021	P022	u	ud Señal rectangular de 90x135 cm de lado, retrorreflectante de clase RA3, colocada sobre postes galvanizados, fijados a tierra mediante y hormigonado i/ tornillería y elementos de fijación y transporte a lugar de empleo.	DOSCIENTOS NOVENTA Y UN EUROS con SETENTA CÉNTIMOS	291.70
0022	P023	u	ud Señal circular de 90x135 cm de diámetro, retrorreflectante de clase RA2, colocada sobre poste galvanizado, fijado a tierra mediante hormigonado i/ tornillería y elementos de fijación y transporte a lugar de empleo.	CIENTO NOVENTA Y CINCO EUROS con SESENTA Y UN CÉNTIMOS	195.61
0023	P024	m	m Marca vial de tipo II (RR), de pintura blanca reflectante, tipo termoplástica en caliente, de 10 cm de ancho i/ preparación de la superficie y premarcaje (Medida la longitud realmente pintada).	CERO EUROS con CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS	0.53
0024	P025	m³	M3 Hormigón en masa para capa de regularización y limpieza, tipo HL-150/P/25/I, incluso fabricación, suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.	CINCUENTA Y DOS EUROS con SEIS CÉNTIMOS	52.06

CUADRO DE PRECIOS 1

Nº	CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO EN LETRA	IMPORTE
0025	P026	ml	MI Viga doble T prefabricada para tablero de puente de 1.70 metros de canto para luces de 34 y 28 metros, ancho de ala superior de 1.2 metros, ancho de ala inferior de 0.75 metros prefabricada en HP-50/B/20/IIb, armaduras activas Y-1860-S7 y armaduras pasivas B500SD, incluso transporte a pie de obra, armadura para anclaje con losa superior y elementos necesarios para su elevación y puesta en obra.	SETECIENTOS SETENTA EUROS	770.00
0026	P027	m³	M3 Hormigón para armar en estructuras, tipo HA-30/B/20/IIb incluso fabricación suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.	OCHENTA Y CINCO EUROS con OCHO CÉNTIMOS	85.08
0027	P028	kg	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.	CERO EUROS con SETENTA Y DOS CÉNTIMOS	0.72
0028	P029	ml	MI Junta de dilatación de calzada entre 6 y 106 mm de desplazamiento incluso formación de cajetines, colocación de anclajes, fijado de la junta y posterior sellado totalmente colocada.	DOSCIENTOS TREINTA EUROS	230.00
0029	P030	u	u Neopreno zunchado según anejo de estructuras para apoyo de vigas prefabricadas en subestructuras, incluso mortero de nivelación, totalmente acabado.	SETECIENTOS EUROS	700.00
0030	P031	ml	MI Perfil metálico resistente a impactos galvanizado en caliente por inmersión según planos, incluso galvanizado y pintado de elementos metálicos, suministro, anclaje y colocación totalmente terminado	DOSCIENTOS CINCUENTA EUROS	250.00
0031	P032	m	M Barrera de seguridad metálica tipo BMSNA 2/120 galvanizada con poste tubular, cimentado con hormigón o hincado en cualquier clase de terreno, incluso piezas de anclaje, solapes, tornillería, separadores, captafaros cada 8 metros, terminales, abatimientos y medios auxiliares, totalmente colocada.	VEINTISIETE EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS	27.45
0032	P033	u	ud Señal triangular de 135 cm de lado, retroreflectante de clase RA2, colocada sobre poste galvanizado, fijado a tierra mediante hormigonado, incluido tornillería y elementos de fijación y transporte a lugar de empleo.	CERO EUROS	0.00
0033	PA01	ud	Partida alzada a justificar para adecuación ambiental (valor estimado por superficie de actuación)	SESENTA MIL EUROS	60,000.00



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



VALORACIÓN ECONÓMICA

MEDICIONES Y PRESUPUESTOS PARCIALES

CONCURSO PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE CV-190 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE FIGUEROLES (PROVINCIA DE CASTELLÓN).
ALTERNATIVA CENTRO

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 1 MOVIMIENTO DE TIERRAS Y DEMOLICIONES									
P001	m² Demolición de pavimento existente M2 Demolición de cualquier tipo de firme o pavimento existente de cualquier tipo de espesor i/ bajas por rendimiento por paso de vehículos, demolición de aceras, isletas, bordillos y toda clase de piezas especiales de pavimentación, descombrado, carga y transporte de material demolido a gestor autorizado hasta una distancia de 60 km. Medición auxiliar	1	1,100.00			1,100.00			
							1,100.00	3.85	4,235.00
P002	m² Despeje y desbroce del terreno M2 Despeje y desbroce del terreno por medios mecánicos i/ deshojado, 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. Medición auxiliar	1	73,022.00			73,022.00			
							73,022.00	0.58	42,352.76
P003	m³ Excavación tierra vegetal 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. Medición auxiliar	1	22,736.00			22,736.00			
							22,736.00	1.98	45,017.28
P004	m³ Excavación desmonte en todo tipo de terreno incluso en roca 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. CORREDOR Medición auxiliar PROTECCIONES Medición auxiliar	1	52,310.91			52,310.91			
		1	7,550.00			7,550.00			
							59,860.91	5.73	343,003.01
P005	m³ Relleno de suelo seleccionado 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 refino de la superficie de la coronación. CORREDOR Medición auxiliar	1	124,307.28			124,307.28			
							124,307.28	6.67	829,129.56
P006	m³ Rellenos localizados con material de excavación M3 Relleno, extendido y compactado de tierras, por medios mecánicos, en tongadas de 15 cm de espesor, incluso aporte de las mismas. Medición auxiliar	1	3,600.00			3,600.00			
							3,600.00	12.40	44,640.00
	TOTAL CAPÍTULO 1 MOVIMIENTO DE TIERRAS Y DEMOLICIONES								1,308,377.61

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 2 FIRMES Y PAVIMENTOS									
P007	m³ Zahorra artificial M3 Zahorra artificial i/transporte, extensión y compactación. Medido sobre perfil teórico Medición auxiliar	1	10,773.00			10,773.00			
							10,773.00	18.19	195,960.87
P008	t M.B.C tipo AC22 base G Tn Mezcla bituminosa en caliente tipo AC22 base G (G-20 base) extendida y compactada, excepto betún y polvo mineral de aportación. Medición auxiliar	1	8,864.64			8,864.64			
							8,864.64	26.47	234,647.02
P009	t M.B.C tipo AC32 bin 50/70 S Tn Mezcla bituminosa en caliente tipo AC32 bin 50/70 S (S-20 intermedia), extendida y compactada, excepto betún y polvo mineral de aportación Medición auxiliar	1	6,473.88			6,473.88			
							6,473.88	26.46	171,298.86
P010	t M.B.C tipo AC22 surf 50/70 S Tn Mezcla bituminosa en caliente AC22 surf 50/70 S extendida y compactada, excepto betún y polvo mineral de aportación Medición auxiliar	1	3,847.50			3,847.50			
							3,847.50	26.13	100,535.18
P011	t Betún asfáltico tipo B50/70 Tn Betún asfáltico en mezclas bituminosas B 50/70 Medición auxiliar	1	793.24			793.24			
							793.24	440.00	349,025.60
P012	t Polvo mineral 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. Medición auxiliar	1	815.25			815.25			
							815.25	49.27	40,167.37
P013	t Riego de adherencia C60B3-ADH Tn Emulsión C60B3-ADH en riegos de adherencia o C60B3-CUR en riegos de curado i/ barrido y preparación de la superficie, totalmente terminado. Medición auxiliar	1	12.00			12.00			
							12.00	369.70	4,436.40
P014	t Riego de imprimación C60BF5-IMP Tn Emulsión C60BF5-IMP en riegos de imprimación i/ barrido y preparación de la superficie, totalmente terminado. Medición auxiliar	1	20.14			20.14			
							20.14	379.23	7,637.69
	TOTAL CAPÍTULO 2 FIRMES Y PAVIMENTOS								1,103,708.99

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 3 OBRAS HIDRÁULICAS									
P015	m³ Material granular para filtro M3 Material granular para filtro, con tamaño medio de 0.04 metros, incluso transporte, extendido y compactación.								
	Medición auxiliar	1	1,027.50			1,027.50			
							1,027.50	22.00	22,605.00
P016	m³ Escollera para protección general M3 Escollera de piedras sueltas, de tamaño medio, 0,2 m en protección de taludes o encauzamiento de ríos, completamente terminada, incluso el transporte.								
	Medición auxiliar	1	1,676.50			1,676.50			
							1,676.50	24.80	41,577.20
P017	m³ Escollera para protección local M3 Escollera de piedras sueltas, de tamaño medio 1.3 metros en protección local de pilas, completamente terminada, incluso el transporte								
	Medición auxiliar	1	1,419.40			1,419.40			
							1,419.40	32.85	46,627.29
P019	m³ Cunetas revestidas de hormigón M3 Hormigón en masa HM-20 en formación de cunetas i/ encofrado, fratasado, acabados y juntas.								
	Medición auxiliar	1	600.00			600.00			
							600.00	89.10	53,460.00
	TOTAL CAPÍTULO 3 OBRAS HIDRÁULICAS.....								164,269.49

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 4 ESTRUCTURAS									
P025	m³ Hormigón de limpieza HL-150/P/25 M3 Hormigón en masa para capa de regularización y limpieza, tipo HL-150/P/25/I, incluso fabricación, suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.								
	Medición auxiliar	1	89.30			89.30			
							89.30	52.06	4,648.96
P026	mI Viga doble T prefabricada de canto 2 m MI Viga doble T prefabricada para tablero de puente de 1.70 metros de canto para luces de 34 y 28 metros, ancho de ala superior de 1.2 metros, ancho de ala inferior de 0.75 metros prefabricada en HP-50/B/20/IIb, armaduras activas Y-1860-S7 y armaduras pasivas B500SD, incluso transporte a pie de obra, armadura para anclaje con losa superior y elementos necesarios para su elevación y puesta en obra.								
	Medición auxiliar	1	2,464.00			2,464.00			
							2,464.00	770.00	1,897,280.00
P027	m³ Hormigón armado tipo HA-30/B/20/IIIa M3 Hormigón para armar en estructuras, tipo HA-30/B/20/IIb incluso fabricación suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.								
	Medición auxiliar	1	4,962.63			4,962.63			
							4,962.63	85.08	422,220.56
P028	kg Acero corrugado B-500-S 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.								
	Medición auxiliar	1	228,037.10			228,037.10			
							228,037.10	0.72	164,186.71
P030	u Neopreno zunchado u Neopreno zunchado según anejo de estructuras para apoyo de vigas prefabricadas en subestructuras, incluso mortero de nivelación, totalmente acabado.								
	Medición auxiliar	1	144.00			144.00			
							144.00	700.00	100,800.00
P029	mI Junta de dilatación MI Junta de dilatación de calzada entre 6 y 106 mm de desplazamiento incluso formación de cajetines, colocación de anclajes, fijado de la junta y posterior sellado totalmente colocada.								
	Medición auxiliar	1	70.00			70.00			
							70.00	230.00	16,100.00
P031	mI Pretil metálico MI 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								
	Medición auxiliar	1	1,140.40			1,140.40			
							1,140.40	250.00	285,100.00
	TOTAL CAPÍTULO 4 ESTRUCTURAS.....								2,890,336.23

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 5 SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO									
P020	m ² Bandas transversales de alerta M2 DE BANDA TRANSVERSAL SONORA REALIZADA CON PINTURA TIPO DOBLE COMPONENTE Y TACOS PARA REDUCCIÓN DE VELOCIDAD, TOTALMENTE TERMINADO								
	Medición auxiliar	1	8.75			8.75			
							8.75	53.10	464.63
P021	u Señal rectangular de 60x120 cm ud Señal rectangular de 60x120 cm de lado, retrorreflectante de clase RA3, colocada sobre postes galvanizados, fijados a tierra mediante y hormigonado i/ tornillería y elementos de fijación y transporte a lugar de empleo.								
	Medición auxiliar	1	6.00			6.00			
							6.00	175.38	1,052.28
P022	u Señal rectangular de 90X135 cm ud Señal rectangular de 90x135 cm de lado, retrorreflectante de clase RA3, colocada sobre postes galvanizados, fijados a tierra mediante y hormigonado i/ tornillería y elementos de fijación y transporte a lugar de empleo.								
	Medición auxiliar	1	4.00			4.00			
							4.00	291.70	1,166.80
P023	u Señal circular de 90 cm ud Señal circular de 90x135 cm de diámetro, retrorreflectante de clase RA2, colocada sobre poste galvanizado, fijado a tierra mediante hormigonado i/ tornillería y elementos de fijación y transporte a lugar de empleo.								
	Medición auxiliar	1	8.00			8.00			
							8.00	195.61	1,564.88
P024	m Marca vial de 10 cm m Marca vial de tipo II (RR), de pintura blanca reflectante, tipo termoplástica en caliente, de 10 cm de ancho i/ preparación de la superficie y premarcaje (Medida la longitud realmente pintada).								
	Medición auxiliar	1	3,420.00	3.00		10,260.00			
							10,260.00	0.53	5,437.80
P032	m Barreras de seguridad M Barrera de seguridad metálica tipo BMSNA 2/120 galvanizada con poste tubular, cimentado con hormigón o hincado en cualquier clase de terreno, incluso piezas de anclaje, solapes, tornillería, separadores, captafaros cada 8 metros, terminales, abatimientos y medios auxiliares, totalmente colocada.								
	Medición auxiliar	1	2,039.00			2,039.00			
							2,039.00	27.45	55,970.55
	TOTAL CAPÍTULO 5 SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO.....								65,656.94

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 6 VARIOS									
PA01	ud P.A. a justificar para adecuación ambiental Partida alzada a justificar para adecuación ambiental (valor estimado por superficie de actuación)								
		1				1.00			
							1.00	60,000.00	60,000.00
	TOTAL CAPÍTULO 6 VARIOS.....								60,000.00
	TOTAL.....								5,592,349.26