



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Título

Análisis coste-beneficio de las obras de ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en los TM de Alboraya y Valencia.

Presentado por

Appelius Bassaletti, Joaquín

Para la obtención del

Grado de Ingeniería de Obras Públicas

Curso: 2018/2019

Fecha: Valencia, junio de 2019

Tutor: Juan José Clemente Tirado

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	5
ANÁLISIS DE PROYECTOS DE INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURAS.....	6
ANÁLISIS COSTE – BENEFICIO.....	7
CONCEPTOS PREVIOS.....	8
Agentes	8
Incertidumbre	9
Horizonte Temporal	10
Ajuste En Función De La Inflación	10
Selección De La Tasa De Descuento Apropiaada	11
PROCESO DEL ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO	12
Diagnóstico De La Situación Inicial.....	12
Establecimiento Del Caso Base.....	12
Desarrollo De Las Alternativas	13
Estimación De La Demanda	13
Recopilación De Datos	13
Predicción Del Tráfico En El Caso Base.....	14
Predicción Del Tráfico En La Alternativa.....	14
IDENTIFICACIÓN Y ESTIMACIÓN DE LOS ELEMENTOS C/B.....	14
IMPACTOS SOBRE LA ORGANIZACIÓN.....	15
– Costes de planificación.....	15
– Costes de adquisición de los terrenos	15
– Costes de construcción	15
COSTES DE MANTENIMIENTO Y DE OPERACIÓN	17
CONCEPTOS DE CAPACIDAD Y VELOCIDAD MEDIA DE RECORRIDO ...	18
Capacidad.....	18
Velocidad Media De Recorrido	20
IMPACTOS SOBRE LOS USUARIOS DE LA CARRETERA	24
Costes De Operación De Los Vehículos.....	24
<u>Coste de combustible</u>	<u>25</u>
<u>Lubricantes.....</u>	<u>30</u>
<u>Neumáticos.....</u>	<u>31</u>
<u>Conservación.....</u>	<u>32</u>
<u>Peajes</u>	<u>32</u>
Ahorro en tiempo	33
Seguridad vial.....	36
IMPACTOS SOBRE LAS EXTERNALIDADES.....	38

Ruidos	39
Contaminación atmosférica	42
<u>Cambio climático</u> :.....	44
<u>Contaminación del agua</u> :.....	45
<u>Contaminación del suelo</u> :.....	46
Destrucción Del Paisaje Natural	46
Efecto Barrera Sobre El Territorio	47
CÁLCULO INCREMENTAL DE COSTES Y BENEFICIOS DE LAS ALTERNATIVAS RESPECTO AL CASO BASE	48
OBTENCIÓN DE LOS INDICADORES (VAN, B/C)	48
Valor actual neto (VAN)	49
Relación beneficio/coste (B/C)	49
Período de recuperación de la inversión inicial	50
Tasa interna de retorno (TIR)	50
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	50
APLICACIÓN PRÁCTICA	53
ANTECEDENTES	54
ACTUALIDAD	56
RED DE CARRETERAS Y DATOS DE TRÁFICO	57
MARCO DEL ANÁLISIS COSTES-BENEFICIO	60
PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	61
PREDICCIÓN DE LA DEMANDA	65
CÁLCULO DE LOS IMPACTOS SOBRE LA ORGANIZACIÓN	66
Costes de inversión :.....	66
Costes de mantenimiento	68
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD Y LA VELOCIDAD MEDIA	69
CÁLCULO DE LOS IMPACTOS SOBRE LOS USUARIOS	71
<u>Costes De Operación De Los Vehículos</u>	71
Ahorro en tiempo	75
Seguridad vial	78
CÁLCULO DE LOS IMPACTOS SOBRE LAS EXTERNALIDADES	80
Ruido	80
CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	82
<u>Cambio climático</u>	83
OBTENCIÓN DE LOS INDICADORES (VAN, B/C)	85
VAN (VALOR ACTUAL NETO)	85
Relación beneficio/coste (B/C)	86
Periodo de recuperación de la inversión (P.R.I.)	87

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	88
CONCLUSIONES	89
BIBLIOGRAFÍA.....	90



INTRODUCCIÓN

En este trabajo se va a realizar una descripción teórica del método de Análisis Coste-Beneficio (ACB) y su aplicación a una infraestructura de transporte, la carretera. Este método se aplica a inversiones de infraestructuras en muchos países por su transparencia y facilidad de comprensión. Resulta ser una herramienta útil que permite a cualquier profesional sin necesidad de conocimiento profundo en materia evaluar un proyecto de carreteras. El ACB en definitiva a un método de apoyo muy eficaz para la toma de decisiones.

Después de la descripción del método coste-beneficio se llevará a cabo una aplicación práctica.

En nuestro caso se va a proceder a evaluar mediante el método (ABS) si es rentable llevar a cabo el proyecto de ampliación a tres carriles de la autovía V-21, desde una perspectiva económica-social.

Después de la descripción del método coste-beneficio se llevará a cabo una aplicación práctica.

La autovía V-21, Puzol-Valencia constituye el denominado acceso norte a Valencia y consta únicamente de dos carriles por sentido de circulación. Actualmente, soporta un alto volumen de tráfico de manera que los niveles de servicio son bajos con importantes retenciones.

Como solución se opta por la ampliación a tres carriles de la autovía V-21 en el tramo comprendido entre el enlace de Alboraya y la conexión de la Ronda norte de Valencia con la autovía V-21.

La actuación reducirá los problemas de tráfico actuales en la autovía V-21 en los movimientos de entrada y salida de Valencia, también proporcionará el aumento de capacidad necesario para absorber el incremento de tráfico que se generará.



ANÁLISIS DE PROYECTOS DE INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURAS

La evaluación económica de un proyecto tiene por objeto identificar y cuantificar cuál es su contribución al bienestar de la sociedad.

El término proyecto de transporte tiene como objetivo que a través de una intervención en un mercado de transporte, cambie el bienestar de los agentes sociales afectados y por tanto, el nivel de bienestar global de la sociedad.

Los nuevos reglamentos de la Unión Europea (UE) que regulan los Fondos Estructurales (FFEE), el fondo de Cohesión (FC) y el Instrumento Estructural de Preadhesión (ISPA) exigen que, a partir de unas determinadas cantidades en proyectos de inversión, se requiera realizar un análisis de los costes-beneficios.

Para llevar a cabo un proyecto se emplean recursos para su ejecución, pero por otro lado se está renunciando a beneficios que se habrían obtenido dedicando esos recursos a otros fines. Por este motivo, antes de aprobar un proyecto se deberían comparar los beneficios que se esperan obtener del mismo. Es decir, se ha de comprobar si lo que se está ganando a nivel social con el proyecto excede a lo que se está renunciando a ganar al no llevar a cabo otro proyecto distinto. Si esto sucede entonces puede afirmarse que dicho proyecto contribuye a aumentar el bienestar social.

Entonces el objetivo de esta evaluación es proporcionar las herramientas necesarias para ayudar a la toma de decisión, enfocada desde una perspectiva social-económica.

En la actualidad contamos con diversos análisis de proyectos de inversión:

- Análisis multicriterio (EMC, MCDM)
 - Contiene teorías, herramientas y modelos para la toma de decisiones: AHP, la teoría de Utilidad Multiatributo (MAUT), Electre, Promethee...etc.
 - Permite analizar objetivos en competencia y asignar preferencias.

- Análisis coste-eficacia (ACE) / Análisis coste-utilidad (ACU)
 - Consiste en la comparación del consumo de recursos para obtener un beneficio u objetivo concreto con distintas alternativas.
 - Sólo se consideran los costes, ya que el beneficio está pre-supuesto.



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



- Análisis coste-beneficio (ABC)
 - Consiste en la comparación de alternativas y su aceptación o rechazo en función de su rentabilidad.
 - Se basa en flujos de costes y beneficios durante el ciclo de vida.

- Análisis del coste del ciclo de vida (ACCV)
 - Consiste en la comparación de las alternativas y elección de la menos costosa.
 - Se basa en flujos de costes durante el ciclo de vida. Puede considerarse una particularización de ABC cuando los beneficios son similares.
 - No tienen únicamente en cuenta los costes iniciales sino también los futuros.

- Análisis de impacto económico (AIE)
 - Analiza los efectos de la inversión en la economía regional.
 - Complementario al ABC.

- Análisis financiero
 - Utiliza flujos de caja.
 - Complementario al ABC.

ANÁLISIS COSTE – BENEFICIO

El análisis coste-beneficio es un método de análisis que permite realizar la evaluación económica de proyectos expresando sus beneficios y costes en una unidad común, la monetaria. De esta manera podrán compararse todas las alternativas existentes e identificar la que resulte más beneficiosa para la sociedad.

Se debe cumplir que:

- **Beneficios** (sociales) > **costes** (sociales)



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



Asignar valores monetarios a los beneficios y costes de un proyecto de carretera hace que la evaluación sea más sencilla y poco controvertida.

En un análisis coste beneficio de un proyecto se estudian dos opciones:

- Opción en la que no se hace nada. Se analiza la situación actual, considerando que no se produce ninguna intervención.
- Opción en la que se hace algo. Situación en el que se aplica el proyecto objeto de estudio.

En nuestro trabajo se toma la opción de no hacer nada. Sólo se compararán los resultados del análisis de la situación con proyecto y la de sin proyecto.

CONCEPTOS PREVIOS

Agentes

El análisis cuantifica los ingresos y gastos que el proyecto genera a la sociedad. Esta viene representada por los distintos agentes relacionados con el proyecto:

- **Productores:** son los que ponen la infraestructura a disposición de los usuarios y se encargan del adecuado mantenimiento para su utilización. En la mayoría de los casos, el productor se corresponderá con la Administración Pública propietaria de la carretera.
- **Usuarios:** son todos los agentes que hagan uso de la infraestructura para desplazarse o transportar mercancías.
- **Agentes externos:** además de usuarios y productores habrá una serie de agentes afectados que no participen directamente en la infraestructura. Estos agentes sufrirán las denominadas externalidades sobre de las que se hablará más tarde.



Incertidumbre

Durante la evaluación las variables que intervendrán estarán sometidas a una gran incertidumbre. Podemos encontrar un doble origen de la incertidumbre:

- Por un lado está la incertidumbre del proyecto, que está relacionada al hecho de que puedan darse circunstancias tanto externas como internas al proyecto, no previstas y que afecten al flujo de beneficios y costes. Por ejemplo que la demanda sea inferior a la predicha debido a una crisis económica.
- Por otro lado, la incertidumbre en la evaluación relacionada con la información de la que se dispone sobre determinados parámetros, tales como las externalidades, el valor del tiempo, los modelos empleados, etc.

Hay tres formas distintas de tratar la incertidumbre en la evaluación:

- Ignorarla completamente. Se emplearán valores deterministas de todos los parámetros que intervienen en la evaluación de forma que también se obtendrán resultados deterministas. Se trata de la opción más simple y puede ser razonable en proyectos donde la incertidumbre sea baja o el coste que suponga equivocarse sea asumible.
- Análisis de sensibilidad. En primer lugar se obtienen los resultados de manera determinista como en el caso anterior y a continuación se repite el análisis con distintos valores en determinados parámetros y se observa el efecto que producen en los resultados.
Se trata de una opción intermedia y mediante la cual se obtiene más información que en el caso anterior.
- Incorporar totalmente la incertidumbre. Esta posibilidad es la más completa, pero también requiere una gran cantidad de información. En lugar de valores deterministas de los resultados, se obtienen distribuciones de probabilidad sobre los valores que se pueden adoptar.



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



En este caso utilizaremos el análisis de sensibilidad debido a la cantidad de información de la que se dispone.

A continuación, procederemos a describir una serie de conceptos previos necesarios para la correcta descripción y comprensión del método de análisis Coste-Beneficio.

Horizonte Temporal

Se refiere al número máximo de años para el que se dispone de previsiones. Las previsiones relativas a la evolución del proyecto habrán de formularse respecto a un período que se corresponda con la vida útil económica del mismo y lo bastante dilatado para apreciar su impacto probable a medio y largo plazo.

Según el Fondo de Cohesión (FC) para obras de ingeniería civil el horizonte temporal se establece en 30-40 años y según el ISPA (Instrumento estructural de preadhesión) de 20 a 30 años.

En este caso definiremos un horizonte temporal de 30 años.

Ajuste En Función De La Inflación

Los indicadores de los resultados que se obtienen a partir de los diferentes costes y beneficios que se producen durante el periodo de evaluación del proyecto se expresan en magnitudes monetarias correspondientes a diferentes momentos del tiempo.

La inflación, en economía, es el aumento generalizado y sostenido de los precios de los bienes y servicios existentes en el mercado durante un periodo de tiempo. En España se mide a través del Índice de Precios de Consumo (IPC).

Ahora se presentan dos conceptos: los precios corrientes y los precios constantes.

- Los precios corrientes (precios nominales) son los efectivamente observados durante un periodo dado, estos incluyen los efectos de la inflación general. Con el empleo de la tasa de inflación podemos convertir los euros de un año en su equivalente en otro año.



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



- Los precios constantes están referidos a un año base adoptados con el objeto de excluir la inflación de los datos económicos.

Normalmente se utilizan precios constantes del año base, ignorando la inflación y tomando el año inicial de la evaluación como año base para el análisis.

Esto se debe a que el analista no suele estar interesado en la evolución de los valores nominales, sino en evaluar si los beneficios generados por el proyecto durante el periodo de evaluación compensan la utilización de unos recursos que la sociedad sacrifica.

Selección De La Tasa De Descuento Apropiaada

La tasa de descuento es una herramienta mediante la cual podemos actualizar los costes y beneficios futuros (medidos monetariamente) a su valor actual en un tiempo-base común. Refleja la variación del valor “real” del dinero en el tiempo.

Por ejemplo, si se hace una inversión de 1000 euros a una tasa de descuento anual del 5%,

El valor económico actualizado de esos 1000 euros que se vayan a gastar o ganar dentro de un año es de $1000/1,05 = 952,38€$, dentro de dos años, de $1000/(1,05)^2 = 907,02€$.

La tasa de descuento tiene una gran influencia en los resultados del análisis, tanto más cuanto mayor sea el periodo de tiempo considerado.

Normalmente, en infraestructuras públicas en los países OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) se toma un valor entre el 3 y 7 %. En este trabajo se utilizará el valor del 6%, el recomendado por el Ministerio de Fomento para este tipo de proyectos.

Sin embargo, se asume un valor de la tasa de descuento constante a lo largo del tiempo y eso no es lo habitual.



PROCESO DEL ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO

Antes de entrar en detalle en el proceso debemos destacar algunas de sus características:

- El método está hecho para que la evaluación tenga lugar antes de la redacción del proyecto de construcción con el fin de identificar que alternativa resulta más beneficiosa para la sociedad.
- En este tipo de proyectos lo habitual es establecer un periodo de 30 años desde el comienzo de la ejecución del proyecto.

Diagnóstico De La Situación Inicial

El bienestar social ocurre cuando los beneficios que se generan sean superiores a los costes. Por ese motivo se debe realizar un diagnóstico de la situación inicial, en el que se identifiquen las posibles mejoras.

Las mejoras que se persiguen son la disminución de los tiempos de viaje, la reducción de los costes de transporte, el aumento de la seguridad vial, el incremento de las frecuencias o de la capacidad.

Si no hay mejoras en la situación inicial, tampoco habrá problemas que resolver y por lo tanto, los beneficios serán inferiores a los costes.

En este primer punto se describirá cómo se encuentra la carretera actual, incluyendo aspectos como el trazado, la pendiente, el tráfico y cualquier otro factor que sea relevante para la evaluación. A continuación, se explicará la problemática detectada y los objetivos que se perseguirán.

Establecimiento Del Caso Base

Se considera el caso base como la alternativa de no hacer nada, es decir, dejarlo en la situación en la que se encuentra, sin proyecto.

Durante la evaluación el caso base será tratado como una alternativa más que es la de no realizar el proyecto.

Hay que señalar que al igual que en la evaluación del resto de alternativas, también tenemos que considerar en la situación base las operaciones de mantenimiento.



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



Durante la evaluación se obtendrán las diferencias de costes y beneficios entre el caso base y cada alternativa, obteniéndose un flujo de costes y beneficios. El establecimiento del caso base nos servirá como base para futuras comparaciones con las alternativas planteadas.

Desarrollo De Las Alternativas

En este tipo de proyectos las alternativas hacen referencia a posibles variaciones de la carretera, tales como: rehabilitaciones o ampliaciones, nuevos trazados o modificaciones en intersecciones y enlaces.

Las alternativas deben describirse de forma precisa, no siendo necesaria una descripción técnica detallada, ya que todavía no se han llevado a cabo dichos proyectos.

Estimación De La Demanda

En una carretera la demanda es el número de vehículos que circulan en un determinado periodo de tiempo.

La estimación de la demanda es un elemento importante a considerar en un proyecto de carretera debido a que un error en la predicción de la demanda puede ser muy costoso. Una carretera que no atraiga la demanda para la que fue estimada puede resultar un desastre, ya que se destinaron unos recursos sin que se vayan a obtener beneficios sociales a cambio.

A pesar de ello es complicado establecer con claridad una estimación exacta de la demanda, debido a la larga duración de los proyectos y la incertidumbre que se genera.

Para determinar la demanda, ésta debe calcularse tanto para el caso base, como para la alternativa. También ha de contemplarse la segregación entre el tráfico de vehículos ligeros y vehículos pesados.

Recopilación De Datos

Es necesario tener el conocimiento sobre el tráfico de la zona afectada en los últimos años previos al proyecto para poder predecir con mayor exactitud la evolución del



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



tráfico. Los datos se pueden obtener a través del Ministerio de Fomento por medio de estaciones de aforos, proporcionándonos datos de la IMD de cada año y diferenciando el tráfico pesado del ligero.

Predicción Del Tráfico En El Caso Base

En este caso, se trata de tener una idea de cómo evolucionará el tráfico a lo largo de los años, y para ello contamos con los datos y tendencias de los años anteriores proporcionados por el Ministerio de Fomento.

El Ministerio de Fomento recomienda utilizar como referencia unos incrementos de tráfico:

Periodo	Incremento anual acumulativo
2013-2016	1,12%
2017 en adelante	1,44%

Boletín Oficial del Estado, 2010

Predicción Del Tráfico En La Alternativa

Como se trata de una ampliación a un tercer carril de una autovía vamos a suponer un incremento del 3-3,5% cada año, además de reducir los tiempos de viaje y aumentar la capacidad.

Como la estimación de la demanda es una tarea difícil de predecir con exactitud (variaciones del 30% con respecto al tráfico real) será necesario realizar un análisis de sensibilidad para obtener soluciones más fiables.

IDENTIFICACIÓN Y ESTIMACIÓN DE LOS ELEMENTOS C/B

En este proceso hay que tener en cuenta una serie de cosas:

- Los precios de los consumos intermedios y bienes producidos han de ser sin IVA, ni impuestos indirectos.
- Los precios de los consumos intermedios que deben tomarse en consideración en el ACB han de incluir los impuestos directos
- Los pagos dirigidos a personas, tales como seguridad social quedan omitidos.



- La tasa de descuento será del 6%, tal como nos indica el Ministerio de Fomento.

IMPACTOS SOBRE LA ORGANIZACIÓN

Son los costes de los productores y se corresponden con los costes que se destina a la construcción de una infraestructura y son asumidos por los agentes que operan en la carretera, la Administración Pública. Son la suma de los costes totales de inversión, en los que se encuentran los costes de construcción, expropiaciones, estudios y proyectos, dirección de obra y costes de mantenimiento.

Costes De Inversión

Son los costes que están asociados a la construcción de una nueva infraestructura, reforma o modificación de una existente. Desde el punto de vista de la sociedad éstos costes serán los de oportunidad, de manera que se está renunciando a invertir esos recursos a otros fines. Los costes se dividen según (*Bickel et al., 2006*) en cuatro subgrupos:

- Costes de planificación

Son los costes derivados de los estudios económicos y técnicos previos al inicio del proyecto. A mayor complejidad, mayor serán estos costes.

Se trata de cuantificar estos costes y se estimarán en función del tiempo dedicado, si lo realizan técnicos de la Administración o si lo realiza una empresa privada es el importe establecido en el contrato.

- Costes de adquisición de los terrenos

En este tipo de infraestructura, como lo es una carretera, suele requerirse grandes extensiones de superficie.

A menudo es necesario recurrir a procedimientos expropiatorios e indemnizar a los propietarios, asumiendo que tales costes como parte del proceso.

- Costes de construcción



Análisis coste-beneficio de las obras de ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en los TM de Alboraya y Valencia



Son aquellos costes relacionados con la edificación de la infraestructura, tales como: la mano de obra, los materiales, la energía y las tasas.

Para cuantificar estos costes nos ayudará la estimación del importe establecido en el contrato.

Durante el aprendizaje, a lo largo de los años pudimos observar que los costes de construcción de una infraestructura, como lo es una carretera, están algo distorsionados de la realidad. Esto es debido a que se adopta una visión muy optimista.

Un profundo estudio a nivel europeo de *Flyvjerg*, concluye que nueve de cada diez proyectos presentan costes superiores a los presupuestados.

El estudio demuestra que el incremento de costes de una carretera aumenta en un 22% con respecto a los costes planeados en el proyecto, tal como indica el cuadro:

Categoría	Tipos de proyectos	Aumento
Carreteras	Autopistas	
	Carreteras principales	22 %
	Carreteras locales	
Ferrocarril	Metro	
	Metros ligeros	
	Tren convencional	34 %
	Tren de alta velocidad	
Conexiones fijas	Puentes	
	Túneles	43 %

Promedio de aumento del coste de inversión categoría y tipo de proyecto.

En el caso base estos costes serán nulos, al ser el caso sin proyecto y sólo serán calculados para cada alternativa.

Sólo se tendrán en cuenta para el caso base los costes de mantenimiento o conservación ya que estos costes acompañarán a la infraestructura durante toda su vida útil.

Para estimar los costes, la mejor manera es la consulta de documentos técnicos y de proyectos similares.

Por otro lado, en el Anexo 2 del Boletín Oficial del Estado de diciembre 2010 del Ministerio de Fomento podemos encontrar información útil sobre los parámetros de eficiencia para los estudios y proyectos de carretera. Esta información puede resultar útil y nos permitirá predecir los costes si no se dispone de datos fiables.



COSTES DE MANTENIMIENTO Y DE OPERACIÓN

Son los costes del productor, ya que son éstos los agentes que operan las infraestructuras. Los costes de mantenimiento y de operación acompañan a toda la vida útil del proyecto, por lo que a diferencia de los costes de inversión, éstos se estiman no solo para la alternativa, si no que también para el caso base.

Es una opción factible cuando se dispone de la información acerca de las empresas participantes, pero no siempre esa información esta completa y se necesita recurrir a distribuciones probabilísticas para determinar los costes.

Distinguiremos entre los costes de mantenimiento y los de operación.

Los costes de mantenimiento son los que se llevan a cabo para que la infraestructura se encuentre en un estado apropiado de operación, es decir, proporcionar condiciones de circulación seguras.

Estos costes serán principalmente los asociados con el firme y los costes de otros elementos como la señalización, barreras y la iluminación.

Los costes de operación van asociados a los costes de funcionamiento de la infraestructura por lo que está relacionado directamente con la demanda de la misma.

Los costes de mantenimiento a su vez se pueden dividir en dos grupos: los costes de conservación y los costes de rehabilitación.

Los costes de conservación son mucho más frecuentes y hacen referencia al mantenimiento rutinario de la carretera, mientras que los costes de rehabilitación hacen referencia a un tipo de mantenimiento periódico pasados unos años de uso, cuando el firme deja de ofrecer buenas condiciones de uso.

La diferencia entre los costes de mantenimiento y de operación del caso base y los de la alternativa estaremos ante beneficios (diferencia positiva) o costes (diferencia negativa).

A falta de datos suficientes estimaremos para los costes de mantenimiento un valor del 1-2% sobre el valor del coste de construcción.



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



Por último, se calcularán los flujos de costes y beneficios sobre la organización entre el caso base y cada alternativa y se multiplicarán los resultados por la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{1 + T_d^{\text{Año}_i - \text{Año}_0}}$$

Td: es la tasa de descuento

año i: se refiere a cada año

año 0: se refiere al año inicial

De esta manera se aplica la tasa de descuento, cuya fórmula nos permite actualizar los costes y beneficios futuros a un valor monetario actual, en un tiempo-base común. Con esto reflejamos la variación del valor real del dinero en el tiempo.

CONCEPTOS DE CAPACIDAD Y VELOCIDAD MEDIA DE RECORRIDO

Antes de introducirnos en la evaluación sobre los impactos en los usuarios, hay que explicar el procedimiento de cálculo de la capacidad máxima y de velocidad media de recorrido.

Capacidad

Máxima intensidad que puede atravesar una sección dada de una vía o absorber un determinado elemento viario, durante un periodo de quince minutos, en unas condiciones determinadas de la propia vía y del tráfico correspondiente.

En otras palabras, es la máxima intensidad de vehículos para que la carretera no colapse.

Hay que tener en cuenta que la capacidad no es única para cada tipo de carretera y es variable en función de la geometría de la carretera y de la composición del tráfico.

Se opta por la aplicación del modelo británico *Department for Transport (DFT)*, puesto que, en los proyectos de carretera este es el método que se usa actualmente en España para el análisis coste-beneficio.



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



Se distingue entre autovías/autopistas y carreteras convencionales:

- Autovías de dos calzadas y autopistas

Las características de dimensionamiento de carriles, los arcenes y las cunetas no suponen un factor relevante. Para este tipo de vía se consideran unas dimensiones estándar, al igual que las intersecciones con otras vías no es un factor que influya en la velocidad media de los vehículos que ya circulan por ella. Las capacidades máximas vienen dadas de la siguiente fórmula en vehículos/hora por carril.

- Autovías:

$$Q_c = \frac{2.100}{1 + 0,015 PHV}$$

- Autopistas:

$$Q_c = \frac{2.330}{1 + 0,015 PHV}$$

- Carreteras convencionales con una única calzada

Las variables que intervienen son las siguientes:

CWID: anchura de la parte útil de la calzada (m).

SWID: anchura de los arcenes (de ambos lados y desde la línea continua al borde de la calzada en metros).

VWID: anchura de las cunetas laterales (de ambos lados en metros).

BEND: curvatura (cambios de dirección, medidos en grados de ángulo/km).

HILLS: variación de la pendiente (en m/km).

JUNC: intersecciones con otras carreteras (número de cruces/km)



VISI: visibilidad media (m). De forma aproximada se puede utilizar las dimensiones de los laterales de la carretera y el grado de curvatura:

$$\log VISI = 2,46 + \frac{VWID + SWID}{25} - \frac{BEND}{400}$$

PHV: Porcentaje de vehículos pesados.

La capacidad máxima viene expresada en (vehículos/hora) para cada sentido:

$$Q_c = \frac{2.400(CWID - 3,65)(92 - PHV)}{80 CWID}$$

Velocidad Media De Recorrido

Para el cálculo de la velocidad media de recorrido también intervendrán las variables descritas anteriormente en el método británico (DFT) para el cálculo de la capacidad, además de la intensidad horaria de tráfico.

Para los vehículos ligeros, las fórmulas para obtener la velocidad media son las siguientes:

Carreteras convencionales

- Si la intensidad de menos o igual al 80% de la capacidad máxima:

$$V_L = 72.1 - (0.09 \times BEND) - (0.0007 \times BEND \times HILLS) - (1.9 \times JUNC) + (2.0 \times CWID) + (SWID (1.6/SWID + 1.1)) + (0.3 \times VWID) + (0.005 \times VISI) - ((0.015 + (0.00027 \times PHV)) \times Q)$$

VL: velocidad media de los vehículos ligeros (km/h).

Q: Intensidad (vehículos/h).

- Si el tráfico es superior al 80% de la capacidad máxima:

$$V_L = V_B - 0,05(Q - Q_B)$$



Análisis coste-beneficio de las obras de ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en los TM de Alboraya y Valencia



V_B : velocidad media para el flujo y tráfico (km/h).

Q_B : 80% de la capacidad máxima estimada (veh/h) por sentido.

Autovías/autopistas:

- Si la intensidad de tráfico es inferior o igual a 1080 (veh./h) y carril en autovías o 1200 (vh/h) y carril en autopistas:

$$V_L = K_L - 0,1 BEND - 0,14 HILLS - 0,006 Q$$

K_L : es un factor constante.

Tipo De Vía	Factor K_L
Autovías con 2 carriles	108 km/h
Autovías con 3 carriles	115 km/h
Autopistas con 2 carriles	111 km/h
Autopistas con 3 o más carriles	118 km/h

- Si la intensidad de tráfico es superior a 1080 (veh/hora) y carril en autovías o 1200 (vh/hora) y carril en autopistas:

$$V_L = V_B - 0,033(Q - Q_B)$$

V_B : velocidad media (km/h).

Q_B : 1080 o 1200 (veh/h) según autovía/autopista



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



El Ministerio de Fomento propone las siguientes fórmulas para obtener la velocidad de los vehículos pesados, dependiendo del tipo de terreno:

- Terreno llano

$$V_L > 60 \text{ km/h} \quad V_P = 0,52V_L + 28,85$$

$$V_L \leq 60 \frac{\text{km}}{\text{h}} \quad V_P = V_L$$

- Terreno accidentado

$$V_P = 0,8 V_L + 1$$

V_L : velocidad media de los vehículos ligeros (km/h).

V_P : velocidad media de los vehículos pesados (km/h).

Terreno llano se considera cuando estamos ante una pendiente menor o igual al 5% y terreno accidentado cuando la pendiente es superior al 5%.

La intensidad de tráfico en nuestra evaluación; número de vehículos que pasan por punto o sección de vía durante un periodo de tiempo determinado.

Es una tarea compleja y requiere de datos e información mediante: radares, imágenes, tubos neumáticos, alfombrillas, recuentos, encuestas...etc. para obtener las intensidades y así poder determinar la IMD (Intensidad Media Diaria).

Sin embargo, en muchas ocasiones no se dispone de esta información o de estaciones de aforos que sean aplicables para estimar la IMD.

En nuestro caso se dispone de la IMD del estudio realizado en el proyecto de ampliación, información que se utilizará para la alternativa que plantea este trabajo.

Para el caso base se tomará una IMD en función de su evolución. Para ello se cuenta con tablas de evolución de tráfico, aumentadas 1,44% con respecto al año anterior.



Análisis coste-beneficio de las obras de ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en los TM de Alboraya y Valencia



Si por algún caso se precisa estimar las distribuciones horarias y el reparto entre sentidos, se recurrirá a la tabla proporcionada por el Ministerio de Fomento:

Horas	% IMD	Dirección	
		% Entrada	% Salida
0-1	1,8	48	52
1-2	1,5	48	52
2-3	1,3	45	55
3-4	1,3	53	47
4-5	1,5	53	47
5-6	1,8	53	47
6-7	2,5	57	43
7-8	3,5	56	44
8-9	4,2	56	44
9-10	5,0	54	46
10-11	5,4	51	49
11-12	5,2	51	49
12-13	5,7	50	50
13-14	6,4	52	48
14-15	6,8	51	49
15-16	7,3	53	47
16-17	7,5	49	51
17-18	7,0	43	57
18-19	4,8	47	53
19-20	5,0	47	53
20-21	5,8	46	54
21-22	3,8	48	52
22-23	2,6	48	52
23-24	2,3	47	53



IMPACTOS SOBRE LOS USUARIOS DE LA CARRETERA

Ahora analizaremos los impactos desde la perspectiva de los usuarios de la carretera, es decir, todos aquellos que intervienen en el uso de la infraestructura para desplazarse o transportar algún tipo de mercancía.

En este análisis compararemos la demanda que se produce con proyecto y por otra parte lo que hubiese sido en el caso que no se hace nada, es decir, en el caso base y sin proyecto.

En nuestro trabajo final de grado no distinguiremos entre el tráfico existente y el inducido por el proyecto, porque se considera que el tráfico desviado (aquel que abandona otra infraestructura para beneficiarse de los beneficios de la nueva) y el tráfico generado (aquel que no existía sin el proyecto) es una tarea más compleja y no es objeto de nuestro trabajo.

A continuación, clasificamos los costes/beneficios sobre los usuarios de la carretera en:

- Costes de operación de los vehículos
- Ahorro de tiempo
- Seguridad vial

Costes De Operación De Los Vehículos

Hay que tener en cuenta que existen costes de operación fijos, tales como la adquisición o el alquiler de un vehículo, los impuestos y los seguros. Estos costes se mantienen constantes para el caso base y para la alternativa.

Por lo tanto, los costes fijos de operación tendrán un determinado valor, tanto si se lleva a cabo para el caso base, como para la alternativa y por este motivo no tendrán influencia en nuestro análisis.

Los costes variables: combustible, lubricantes, neumáticos, conservación y peajes.

Estos costes son los que tendrán un valor distinto ya que dependerán de las características de la carretera. Para calcular estos costes el Ministerio de Fomento dispone de unas recomendaciones y expresiones que serán de utilidad.



Coste de combustible

Son los que más variaciones presentan, para tramos urbanos se utilizan las siguientes ecuaciones que relacionan el consumo de combustible con la inclinación de la carretera y la velocidad.

Vehículos ligeros en pendiente:

$$C = 92,76 - 1,3V + 10^{-3}V^2 - 6,77p + 0,33pV - 2,45 \cdot 10^{-3}V^2p$$

Vehículos ligeros en rampa o llano:

$$C = 117,58 - 1,76V + 1,21 \cdot 10^{-3}V^2 + 24,09p - 0,47Vp + 4,74 \cdot 10^{-3}V^2p$$

Vehículos pesados en pendiente:

$$C = 213,31 - 6,15V + 7,42 \cdot 10^{-2}V^2 + p[6,08 + 3,82 \cdot 10^{-2}V + 7,27 \cdot 10^{-4}V^2].$$

vehículos pesados en rampa o llano:

$$C = 388,18 - 7,32V + 7 \cdot 10^{-2}V^2 + p[101,28 + 1,99 \cdot 10^{-2}V + 7,85 \cdot 10^{-3}V^2]$$

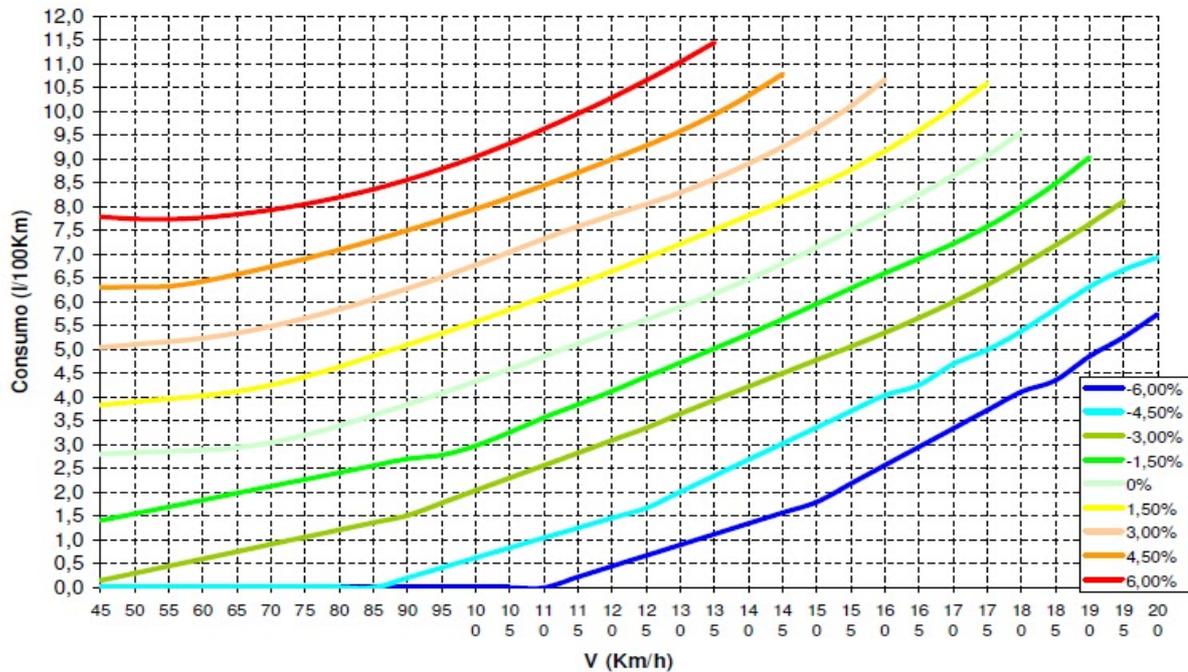
C: consumo de combustible en (cm³/km).

P: inclinación en porcentaje.

V: velocidad en (km/h).

Para comprender mejor las ecuaciones anteriores destacamos unas gráficas procedentes del Ministerio de Fomento del consumo de combustible en función de los valores de velocidad e inclinación:

CONSUMO vs. PENDIENTE



Fuente: Ministerio de Fomento

Se observa que a medida que aumenta la pendiente lo hace también el consumo de combustible. Para el cálculo de costes y beneficios de combustible se recomienda el siguiente procedimiento:

- Obtener el porcentaje de los kilómetros en rampa y pendiente de toda la carretera.
- Obtener el porcentaje medio de rampas y pendientes de la carretera.
- Obtener el consumo en cm^3 por vehículo y km para vehículos ligeros y pesados con las fórmulas antes citadas.
- Hacer la multiplicación entre el consumo obtenido por la longitud de carretera.
- Obtener la diferencia de consumo entre ligeros y pesados entre el caso base y las alternativas. Para esto habrá que realizar las operaciones tanto para el caso base como la alternativa.



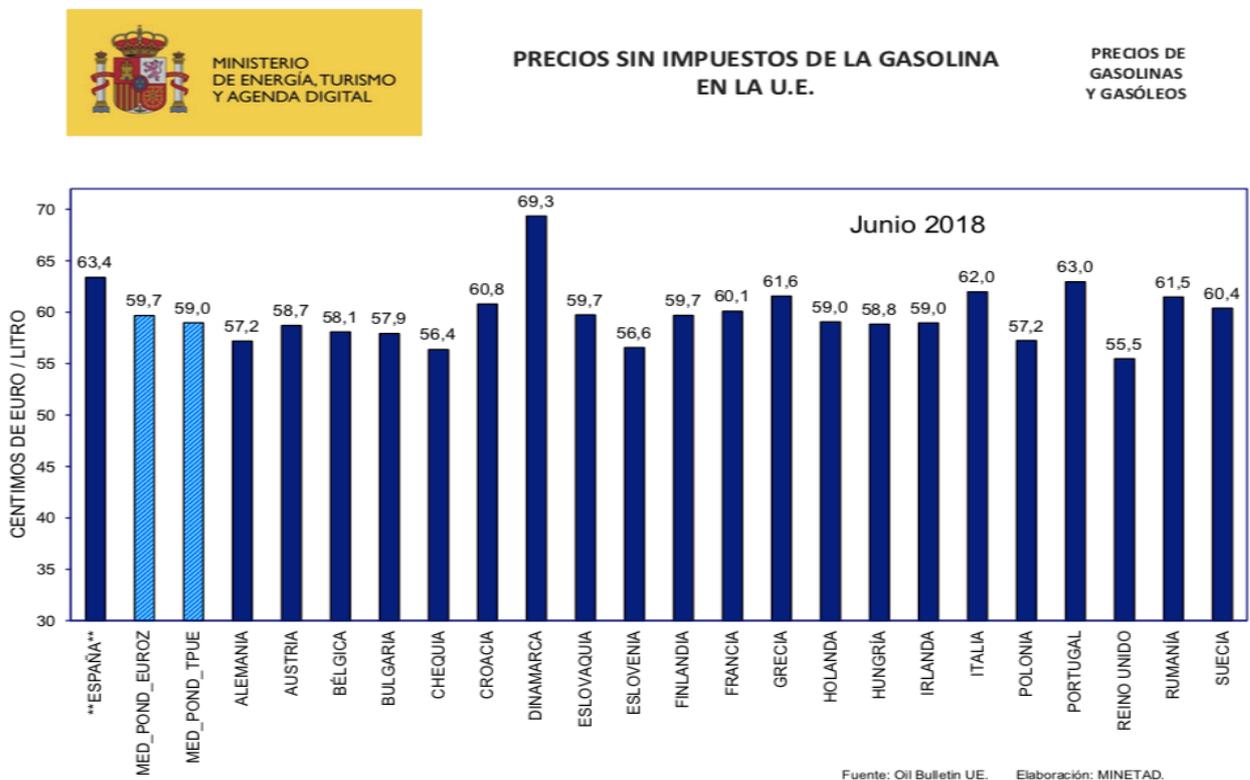
Análisis coste-beneficio de las obras de ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en los TM de Alboraya y Valencia



En nuestro trabajo se ha decidido realizar el proceso con el tráfico existente y sin contar con el tráfico inducido, puesto que requiere de un procedimiento más complejo y no es objeto de nuestro trabajo. También se considera que el terreno es llano para simplificar los cálculos.

Por último, pasaremos a expresar en valores monetarios los litros de combustible para cada caso. Para esto se multiplicará el número de litros por el precio del litro de combustible, sin incluir impuestos.

Desde el último informe elaborado por el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital (MINETAD), a fecha de junio 2018, se obtiene el precio sin impuesto de la gasolina en la U.E.



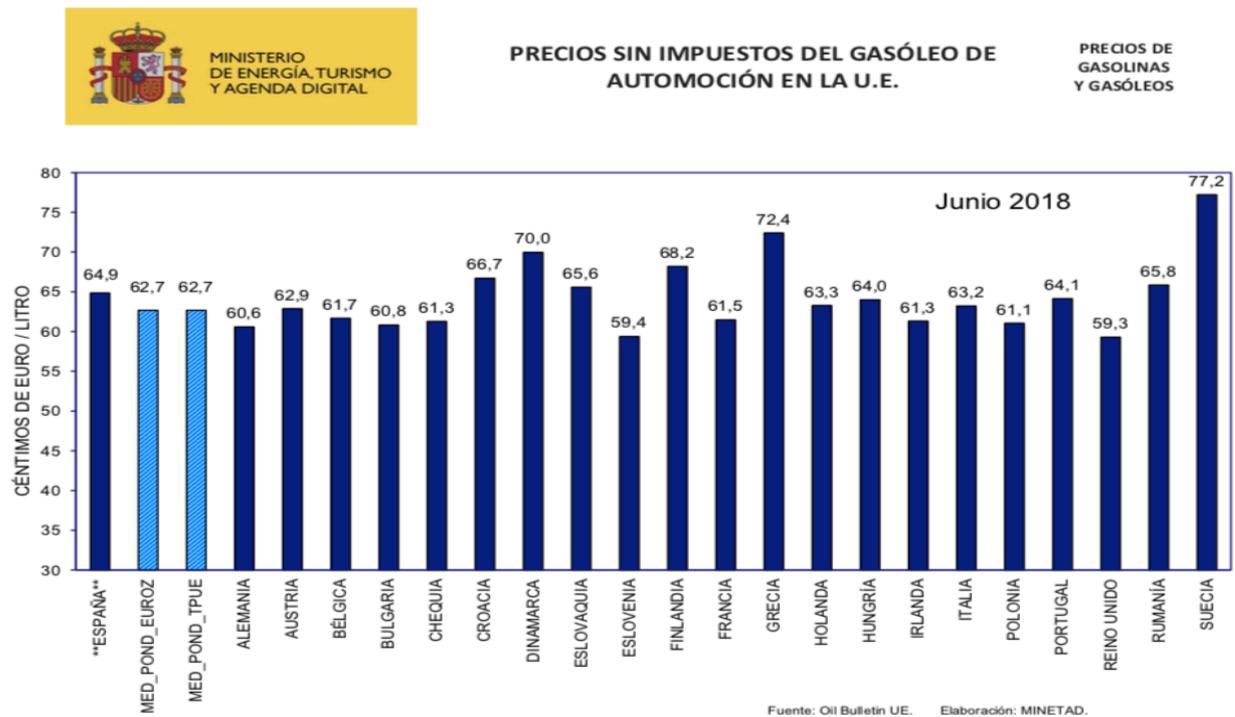
Cómo se observa en la gráfica para España se sitúa en un 0,634 €/litro.



Análisis coste-beneficio de las obras de ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en los TM de Alboraya y Valencia



A continuación, la gráfica de precios sin impuestos del gasóleo en la U.E.



Se observa que para España se sitúa en 0,649 €/litro.

Además, debemos diferenciar entre los vehículos ligeros y los pesados. Para ello se utiliza las tablas proporcionadas por el Ministerio de Fomento (anuario 2017) en las que se observa la cantidad de vehículos por Comunidad Autónoma que utilizan gasolina y los vehículos que utilizan gasóleo.

En nuestro trabajo vamos a suponer que todos los vehículos pesados utilizan gasóleo.



Análisis coste-beneficio de las obras de ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en los TM de Alboraya y Valencia



Los vehículos que utilizan gasolina en la Comunidad Valenciana:

2.2. Parque nacional de vehículos que consumen gasolina por Comunidades Autónomas. Año 2016

COMUNIDADES AUTÓNOMAS	Total	Motocicletas	Turismos	Camiones y furgonetas	Autobuses	Tractores industriales (1)	Otros vehículos
ANDALUCÍA	2.152.906	601.972	1.454.840	72.133	25	0	23.936
ARAGÓN	334.737	71.836	244.771	13.706	3	0	4.421
ASTURIAS, PRINCIPADO DE	257.252	53.662	190.711	8.924	6	0	3.949
BALEARS, ILLES	586.852	127.565	434.559	23.129	14	0	1.585
CANARIAS	1.038.148	117.582	856.493	59.151	51	0	4.871
CANTABRIA	155.254	36.576	112.329	4.369	2	0	1.978
CASTILLA-LA MANCHA	467.983	105.005	330.118	23.372	16	0	9.472
CASTILLA Y LEÓN	665.079	123.254	504.378	26.757	8	0	10.682
CATALUÑA	2.548.449	780.360	1.653.134	94.357	30	0	20.568
COMUNIDAD VALENCIANA	1.509.525	359.795	1.096.172	46.342	14	0	7.202

Fuente: Dirección General de Tráfico. Ministerio del Interior.

Los vehículos que utilizan gasóleo:

2.4. Parque nacional de vehículos que consumen gasoil por Comunidades Autónomas. Año 2016

COMUNIDADES AUTÓNOMAS	Total	Motocicletas	Turismos	Camiones y furgonetas	Autobuses	Tractores industriales	Otros vehículos
ANDALUCÍA	3.290.409	306	2.413.100	789.893	8.813	34.974	43.323
ARAGÓN	493.402	162	340.105	130.436	1.502	8.866	12.331
ASTURIAS, PRINCIPADO DE	402.457	148	311.579	77.929	1.357	4.065	7.379
BALEARS, ILLES	373.924	31	249.707	114.104	2.510	1.879	5.693
CANARIAS	529.609	84	211.132	294.582	5.623	4.297	13.891
CANTABRIA	241.826	76	182.134	51.547	614	3.346	4.109
CASTILLA-LA MANCHA	978.049	158	688.415	254.777	2.086	16.439	16.174
CASTILLA Y LEÓN	1.048.436	214	761.176	244.285	3.151	15.820	23.790
CATALUÑA	2.532.769	252	1.779.868	674.038	8.482	26.632	43.497
COMUNIDAD VALENCIANA	1.820.970	252	1.342.135	428.096	4.399	23.335	22.753

Fuente: Dirección general de Tráfico. Ministerio del Interior.



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



De las tablas se extrae que la cantidad total de vehículos en la Comunidad Valenciana que consumen gasolina es de 1.509.525 y los que consumen gasoil es algo superior 1.820.970. Lo que hace un total de 3.330.495 vehículos.

En porcentajes:

- Vehículos que consumen gasoil: 55%
- Vehículos que consumen gasolina: 45%

Lubricantes

El consumo de aceite va en función del consumo de combustible. El cálculo de costes que se emplea es más simple, puesto que, no hay distinción entre vehículos de gasolina y gasoil.

- Vehículos ligeros:

$$Ca = 0,012 \cdot C \cdot PA$$

- Vehículos pesados:

$$Ca = 0,008 \cdot C \cdot PA$$

Donde:

Ca: Consumo de aceite por kilómetro.

C: Consumo de combustible en litros por kilómetro.

PA: precio del aceite sin impuestos = 5,00 €/litro.

A continuación, para obtener los costes generados para el caso base y la alternativa se debe multiplicar el consumo de aceite (euros/km) por la longitud de recorrido. Por último, se calculan las diferencias entre ambos casos.



Neumáticos

Dentro de los costes de mantenimiento, también se tendrá en cuenta los costes de los neumáticos que con el paso del tiempo se deterioran al estar en contacto con el asfalto.

- Vehículos ligeros:

$$C_n = P_4 / R_T$$

- Vehículos pesados:

$$C_n = P_6 / R_c$$

Donde:

C_n: Coste de neumático por kilómetro (euros/km).

P₄ = Precio de 4 ruedas en euros (en el caso del vehículo ligero).

P₆ = Precio de 6 ruedas en euros (en el caso del vehículo pesado).

R_T y R_p = Recorrido entre cambios de ruedas para vehículos ligeros y pesados. El Ministerio de Fomento propone utilizar unos valores medios de 40.000 km para vehículos ligeros y 65.000 km para vehículos pesados.

Para los vehículos de 4 ruedas el precio estimado será de 200 € en total y para los vehículos de 6 ruedas el precio será de 497 € por cada neumático. En total por 6 neumáticos 2982 €.

El único factor variable en la fórmula es el de la distancia recorrida, por lo que sólo tendrá sentido considerar las fórmulas si hay diferencia de longitudes entre el caso base y la alternativa.

A continuación, para obtener los costes se multiplica el coste de los neumáticos por la longitud del recorrido para el caso base y la alternativa.



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



Conservación

En este apartado se consideran los gastos provenientes del mantenimiento, repuestos y reparaciones de los vehículos.

El ministerio de Fomento propone utilizar un valor estimado de 2 (cent/km) para los vehículos ligeros y 5 (cent/km) para los vehículos pesados.

Una vez más para obtener los costes generados se multiplica este valor por las longitudes correspondientes para el caso base y para la alternativa.

Peajes

En esta evaluación no serán incluidos estos costes, porque tanto en el caso base como en la alternativa no tenemos peajes.

Sin embargo, es un coste que si afecta a los usuarios de la carretera, también es un beneficio para los productores y deberá ser incluido en el caso de una evaluación financiera.

Por último, se suman todos los flujos (combustible, lubricantes, neumáticos y conservación) para obtener los flujos de los costes de operación de los vehículos entre el caso base y la alternativa. Los resultados se multiplican por la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{1 + T_d^{Año_i - Año_0}}$$

Donde:

Td: tasa de descuento.

Año i: se refiere cada año.

Año 0: se refiere al año inicial.

De esta manera se aplica la tasa de descuento, la cual nos permite actualizar los costes y beneficios futuros a su valor actual, en un tiempo-base común.

Con esto reflejamos la variación del valor real del dinero en el tiempo.



Ahorro en tiempo

El ahorro en tiempo es una de las características más relevantes en el análisis de coste-beneficio y es que una disminución en los tiempos de recorrido es uno de los principales beneficios en este tipo de proyectos. El ahorro de tiempo va ligado a un aumento de la velocidad media como consecuencia de las mejoras introducidas en el proyecto.

Para su cálculo se procede de la siguiente manera:

En primer lugar, se determinan los tiempos de recorrido para el caso base y para la alternativa.

$$Tr = \frac{Lt}{Vm}$$

Donde:

Tr: tiempo de recorrido.

Lt: longitud de trayecto.

Vm: velocidad media de recorrido.

Una vez obtenidos los tiempos de recorrido, se calculará la diferencia entre estos para hallar los ahorros de tiempo con respecto al caso base. Existen algunos casos en que los tiempos de recorrido de la alternativa sea superior al caso base para mejorar la seguridad vial.

A continuación, para obtener los ahorros totales se multiplicará el ahorro obtenido por el número de vehículos, distinguiendo entre vehículos ligeros y pesados.

Por último, habrá que expresar los valores de ahorro de tiempos totales en unidades monetarias.

Esto puede ser una tarea compleja, ya que el valor de ese tiempo, conocido como la disposición de los usuarios dispuestos a pagar por ese tiempo depende de varios factores.

Entre estos factores están los relativos a la situación o el emplazamiento, las características de cada persona, el motivo del viaje etc.

La reducción del tiempo de viaje puede suponer un ahorro en coste o aumento de la productividad o la posibilidad de invertir ese tiempo en otras actividades.



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



La mejor opción en estos casos es recurrir a un estudio de carácter general, porque disponer de uno específico sobre cada usuario para cada caso concreto a veces no es posible.

Por ese motivo, para obtener los tiempos de ahorro en valores monetarios, optaremos por la información contenida en el proyecto *HEATCO* y la encuesta *MOVILIA 2007* elaborada por el Ministerio de Fomento.

El proyecto *HEATCO* realiza la distinción entre los motivos del viaje: ocio, trabajo y tráfico de mercancías. El proyecto tiene en cuenta la distinción entre los modos de transporte: automóvil, autobús y transporte de mercancías y los ahorros de tiempo: pequeños y grandes. En el caso de España:

		Pequeños ahorros de tiempo	Grandes ahorros de tiempo
Viajero - ocio	Autobús	5,2	8,3
	Automóvil	7,4	11,5
Viajero - trabajo	Autobús	13,7	23,2
	Automóvil	16,6	28,9
Tráfico de mercancías		2,8	3,7

Donde los valores de los viajeros están expresados en euros por pasajero y hora. Para las mercancías están expresadas en euros por tonelada de carga y hora.

Se consideran ahorros significativos a partir de los 20 minutos.

Se establecerá que:

- Vehículos ligeros: son los automóviles distinguiendo entre ocio y trabajo.
- Vehículos pesados: son los autobuses y camiones de mercancías distinguiendo entre ocio y trabajo.



Análisis coste-beneficio de las obras de ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en los TM de Alboraya y Valencia



Para llevar a cabo la distinción anterior y mediante los datos aportados por la encuesta MOVILIA 2007 la tabla nos muestra los siguientes resultados:

Tipo de vehículo	Modo de transporte		Motivo del viaje	
Ligeros	Automóvil	100%	Trabajo	65%
			Ocio	35%
Pesados	Autobús	40%	Trabajo	70%
			Ocio	30%
	Camión	60%	Transporte mercancías	100%

Tabla de elaboración propia con datos de MOVILIA

Con ayuda de la encuesta MOVILIA, el Ministerio de Fomento y el Instituto Nacional de Estadística podemos realizar una estimación acerca del número ocupantes por vehículos ligeros y pesados y la cantidad de toneladas transportadas por camión.

- 1,2 el numero de pasajeros por vehículo en automóviles.
- 36 el numero de pasajeros por vehículo en el caso de autobuses.
- 12,5 la cantidad de toneladas por vehículo en camiones.

Obtenidos los tiempos de ahorros totales de cada alternativa con respecto al caso base en unidades monetarias, éstos se multiplicarán por la tasa de descuento:

$$\frac{1}{1 + T_d^{Año_t - Año_0}}$$

Con lo obtenido en los apartados anteriores, obtenemos el coste generalizado del viaje, resultado de los costes de operación de los vehículos y la valoración económica del tiempo de viaje.



Seguridad vial

Uno de los objetivos principales de cualquier proyecto de transporte es el de minimizar los accidentes, dado que estos suponen un coste para la sociedad muy importante.

Para estudiar los costes asociados a los accidentes deben diferenciarse tres grupos:

- Costes derivados del daño físico o pérdida de la vida, cuantificado como valor de vida estadística y costes directos asociados a las familias.
- Costes derivados de la pérdida del bienestar de las familias y amigos, asociados al sufrimiento, la pena etc.
- Costes de hospitalización, administrativos, judiciales, daños materiales etc.

Para cuantificar en valor monetario los costes, se emplea un estudio financiado por la Dirección General de Tráfico (DGT) que recomienda adoptar un valor de 1,4 millones de euros para la vida estadística. Conviene aclarar que valor de vida estadística no se refiere asignar un valor monetario a una vida humana, la cual no tiene precio, sino al cambio en el riesgo de sufrir lesiones o fallecer. Dicho de otra forma, sería el valor que tiene para la sociedad el descenso de la tasa de siniestralidad mortal, lo cual se corresponde con el bienestar que realmente puede ofrecer la seguridad en carretera a dicha persona.

A continuación, se trata de asociar un valor para accidentes leves y graves, sobre un determinado porcentaje sobre el valor de la vida estadística.

Se tomará como valor monetario de una víctima no mortal grave un 14% y para una víctima no mortal leve un 0,4% sobre el valor de la vida estadística. A estos valores van incluidos la pérdida de bienestar de familiares y amigos, como también los costes indirectos que deben asumir el resto de la sociedad.

En la siguiente tabla quedan reflejados los valores en euros por víctima:

Tipo de accidente	Valor (€)
Leve	5.600 €
Grave	196.000 €
Mortal	1.400.000 €



Análisis coste-beneficio de las obras de ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en los TM de Alboraya y Valencia



Primero se calculará el número de víctimas mortales y heridos mediante las fórmulas:

$$A_m = IM * 10^{-8} * L * 365 * IMD$$

$$A_{hg} = IP * 10^{-8} * L * 365 * IMD * \beta_g$$

$$A_{hl} = IP * 10^{-8} * L * 365 * IMD * \beta_l$$

Dónde:

A_m : número de víctimas mortales.

A_{hg} : número de heridos graves.

A_{hl} : número de heridos leves.

IM : índice de mortalidad.

IP : índice de peligrosidad.

β_g : número de heridos graves por accidente = 0,111

β_l : número de heridos leves por accidente = 1,205

L : longitud del tramo analizado.

Para obtener información detallada sobre el número de víctimas mortales, heridos leves y graves nos apoyamos en los informes de los últimos años elaborados por la Dirección General de Tráfico:

TABLA 1.1. CC.AA. ACCIDENTES Y VICTIMAS POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS						
TOTAL						
Provincia	Año	Accidentes Con Víctimas	Accidentes Mortales	Fallecidos	Heridos Hospitalizados	Heridos No Hospitalizados
Valencia	2016	4.402	67	69	433	5.422
	2015	4.227	61	64	402	5.116
	2014	3.914	58	71	559	4.596

Tabla de elaboración propia a partir de datos de la DGT



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



Para poder determinar los costes en valor monetario para cada uno de los años del periodo de evaluación, multiplicaremos el coste de accidente con heridos por el número de heridos y el coste de accidente mortal por el número de víctimas mortales y después sumamos ambos.

Esto se llevará a cabo para el caso base y para cada alternativa con el fin de obtener los flujos para cada año de evaluación. Una vez obtenidos los resultados se multiplicarán por:

$$\frac{1}{1 + T_d^{\text{Año}_i - \text{Año}_0}}$$

Donde:

Td: tasa de descuento.

Año i: se refiere cada año.

Año 0: se refiere al año inicial.

De esta manera se aplica la tasa de descuento, la cual nos permite actualizar los costes y beneficios futuros, en valor monetario, a su valor actual en un tiempo-base común. Con esto reflejamos la variación del valor real del dinero en el tiempo.

IMPACTOS SOBRE LAS EXTERNALIDADES

Se entiende por externalidad a un coste o beneficio que afecta a otros, sin que estos paguen por ellas o sean compensados. En este caso se refiere a los efectos derivados de un proyecto de transporte, cuyas repercusiones no solo afecta a los usuarios y productores de la infraestructura, sino que también al resto de la sociedad que no participa directamente.

Aunque pueda resultar dificultoso cuantificar y valorar, ya que algunos efectos del proyecto aparecen a largo plazo, se determinará a las externalidades un valor monetario para poder evaluar los beneficios o costes.



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



Las externalidades pueden ser positivas o negativas, pero en este trabajo nos extenderemos sobre las negativas debido a los impactos que se generan.

Principales externalidades negativas:

- **Ruido:** problemas en grandes ciudades y entornos de carreteras.
- **Atmósfera:** emisión de contaminantes locales y globales.
- **Utilización de territorio:** efecto barrera.
- **Residuos sólidos:** aceites usados, desguace vehículos y materiales.
- **Agua:** contaminación de aguas superficiales y subterráneas por residuos.

A continuación, vamos a explicar cuatro de ellas: ruidos y vibraciones, contaminación atmosférica, destrucción del paisaje natural y efecto barrera sobre el territorio.

Ruidos

El ruido es un efecto que se produce durante la fase de construcción y utilización de la infraestructura de transporte. Según afirma la Organización Mundial de la Salud (OMS), el ruido procedente del transporte atrae numerosos efectos sobre la salud: problemas de audición, dificultades de comunicación oral, estrés, trastornos de sueño y descanso etc.

Para valorar la exposición a aquellos que se verán afectados por el ruido y elaborar una valoración monetaria, se propone el modelo alemán de ruido en carreteras.

El modelo consiste en estudiar la dispersión que genera el ruido al paso de los vehículos.

Se tiene en cuenta la intensidad del tráfico, la velocidad de los vehículos, la distancia a la que se encuentran los afectados a lo largo de toda la evaluación, el porcentaje de pesados y el tipo de pavimento.



Análisis coste-beneficio de las obras de ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en los TM de Alboraya y Valencia



Para calcular el nivel sonoro se utiliza la siguiente fórmula:

$$L_r = L_m + D_V + D_D + D_S$$

$$L_m = 37,3 + 10 \cdot \log[M \cdot (1 + 0,082 p)]$$

$$D_V = L_P - 37,3 + 10 \cdot \log\left[\frac{100 + (10^{0,1D} - 1)p}{100 + 8,23 p}\right]$$

$$L_L = 27,7 + 10 \cdot \log[1 + (0,02 V_L)^3]$$

$$L_P = 23,1 + 12,5 \cdot \log V_P$$

$$D = L_L - L_P$$

$$D_D = 15,8 - 10 \cdot \log d - 0,0142 d^{0,9}$$

Donde:

L_r : nivel sonoro en (dB) en un punto concreto.

L_m : nivel sonoro equivalente a 25 metros.

D_V : coeficiente corrector por la velocidad de los vehículos.

D_d : coeficiente corrector por distancia.

D_S : coeficiente de firme o pavimento. -2 para firme bituminoso y 2 para hormigón.

M: intensidad media horaria de vehículos.

p: porcentaje de vehículos pesados.

V_p y V_L : velocidad límite para vehículos pesados y ligeros respectivamente.

d: distancia media entre la carretera y los afectados.

Hay que tener en cuenta dos tipos de impactos negativos:

- Impactos por molestias: son los ruidos que causan limitación al desarrollo de otra actividad de ocio.
- Impactos en la salud: son los ruidos que pueden producir daño en el oído (>85dB), estrés, alteración de la frecuencia cardíaca o incrementar la presión.



Análisis coste-beneficio de las obras de ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en los TM de Alboraya y Valencia



Para nuestra evaluación se incluirán estos dos impactos, cuyas valoraciones están basadas en las recomendación de Peter bickel en el Anejo: *Derivation of fall back values for impacts due to noise* de HEATCO.

En la tabla encontramos los valores en euros por persona afectada y año:

L_r (dB)	Valor								
≥51	7	≥58	53	≥65	99	≥72	186	≥79	263
≥52	13	≥59	59	≥66	105	≥73	197	≥80	274
≥53	20	≥60	66	≥67	112	≥74	208	≥81	285
≥54	26	≥61	72	≥68	118	≥75	219		
≥55	33	≥62	79	≥69	125	≥76	230		
≥56	39	≥63	86	≥70	132	≥77	241		
≥57	46	≥64	92	≥71	175	≥78	252		

Valores monetarios del impacto de ruido para España. HEATCO.

Para realizar el cálculo se multiplicará el número de personas afectadas por la diferencia entre el valor de dicha afección entre el caso base y en la alternativa, obteniéndose de esta manera el flujo de costes y beneficios como consecuencia del ruido.

Por último, se multiplicarán los resultados por la tasa de descuento:

$$\frac{1}{1 + T_d^{Año_i - Año_0}}$$

Donde:

T_d: tasa de descuento.

Año i: se refiere cada año.

Año 0: se refiere al año inicial.

De esta manera se aplica la tasa de descuento, la cual nos permite actualizar los costes y beneficios futuros, en valor monetario, a su valor actual en un tiempo-base común.

Con esto reflejamos la variación del valor real del dinero en el tiempo.



Contaminación atmosférica

Vamos a ver tres tipos de contaminación: del aire, suelo y la del agua.

- Contaminación del aire:

Debido a la circulación de los vehículos se emiten gases que provocan:

- Efectos sobre la salud de las personas.
- Cambios en el clima.
- Menor visibilidad ambiental.

En este trabajo vamos a analizar los siguientes contaminantes:

- NO_x (Óxido de Nitrógeno). Se han regulado sus niveles con normativas ambientales y sanitarias por el efecto que causa a la salud de las personas. La Directiva Europea 50/2008 fija los niveles máximos horarios.
- SO₂ (Dióxido de Azufre). Este compuesto mezclado con la lluvia se convierte en ácido sulfúrico y acaba por producir la lluvia ácida. Ésta puede viajar varios kilómetros dependiendo de las condiciones climáticas y producir daños en seres vivos, en las tierras o edificios.
- COVDM (Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes del Metano). Según su composición, como por ejemplo el benceno, puede resultar muy nocivo para la salud de las personas.
- PM_{2,5}: partículas en suspensión de diámetro aerodinámico inferior o igual a 2,5µ.
- PM₁₀: partículas en suspensión de diámetro aerodinámico inferior o igual a 10µ.

Primero se determinarán los factores de emisión de contaminante por vehículo, viaje y kilómetro recorrido. Luego se multiplica este factor por la longitud de la carretera, por la IMD y por los 365 días del año.

Emisiones anuales: factor de emisión (g/vh-km) * L * IMD * 365

A continuación, tendremos que valorar los impactos monetariamente para ello se propone utilizar el *Inventario anual de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera* –



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



Volumen 2: Análisis por actividades SNAP, del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA)

Reflejamos los valores de estos en la siguiente tabla:

	NOx (g/km)	COVDM (g/km)	SO₂ (g/km)	PM_{2,5} (g/km)	PM₁₀ (g/km)
Ligero gasóleo	0,918	0,058	0,001	0,060	0,060
Ligero gasolina	0,182	0,055	0,001	0,001	0,001
Pesado gasóleo	4,987	0,095	0,004	0,070	0,070
Pesado gasolina	4,730	2,365	0,002	-	-

Para calcular los impactos en términos económicos se usarán los siguientes valores:

Gas Contaminante	Valor	Fuente
NOx	2.600	CAFE
COVDM	400	CAFE
SO₂	4.300	CAFE
PM_{2,5}	299.600	HEATCO
PM₁₀	119.900	HEATCO

Fuente: Maibach et al. (2008)

Por último, multiplicamos los resultados de los flujos de costes y beneficios obtenidos por la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{1 + T_d^{Año_i - Año_0}}$$



Análisis coste-beneficio de las obras de ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en los TM de Alboraya y Valencia



Cambio climático:

El impacto que genera el transporte en el cambio climático no puede ser ignorado y tendremos que valorarlo. La emisión de gases del efecto invernadero, como lo es el dióxido de carbono, el metano o el óxido nítrico son efectos que se producen a largo plazo (inundaciones, efectos en la salud de las personas, impactos en la agricultura, etc.).

La falta de un conocimiento preciso hace que su valoración sea una tarea compleja.

Por ello, vamos a proceder como antes, es decir, nos centraremos en estudios que analicen los efectos concretos del cambio climático.

En primer lugar se determinarán los factores de emisión de los contaminantes por vehículo, viaje y kilómetro recorrido. Multiplicaremos este factor por la longitud de la carretera, por la IMD y por los 365 días del año. De este modo se obtienen las cantidades anuales.

A continuación, se procede a valorar económicamente los impactos producidos por las emisiones. Con todo esto seremos capaces de calcular las diferencias de costes generados por el caso base y la alternativa.

Para la estimación de los factores de emisión de contaminantes volveremos a usar el Inventario anual de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera – Volumen 2: Análisis por actividades SNAP, proporcionada por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA).

	CO₂ (g/km)	CH₄ (g/km)	N₂O (g/km)
Ligero gasóleo	239	0,001	0,007
Ligero gasolina	300,220	0,024	0,008
Pesado gasóleo	772,490	0,024	0,025
Pesado gasolina	491,460	0,113	0,006

Previamente, es necesario transformar las cantidades de CH₄ y N₂O en su equivalente de CO₂, ya que solo existe información económica de estudios que valoren los efectos de las emisiones de CO₂.



Análisis coste-beneficio de las obras de ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en los TM de Alboraya y Valencia



El equivalente de CO₂ es la unidad de medición que se utiliza para medir el calentamiento global. Para convertir tenemos que multiplicar la masa del gas por su potencial de calentamiento global.

Se estima que según *The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*, el equivalente de CO₂ a los 100 años del metano es de 23 y para el óxido nítrico es de 296.

Una vez multiplicadas las cantidades de CH₄ y N₂O por 23 y 296 respectivamente, para obtener las cantidades equivalentes de CO₂ se ejecutará la valoración económica.

El estudio de *Maibach et al. (2008)* proporciona un rango de costes monetarios, según el periodo de emisión:

Periodo de Emisión	Valor
2010 – 2019	25
2020 – 2029	40
2030 – 2039	55
2040 – 2049	70
2050 en adelante	85

Por último, multiplicamos los resultados de los flujos de costes y beneficios por la fórmula:

$$\frac{1}{1 + T_d^{Año_i - Año_0}}$$

Contaminación del agua:

La contaminación del agua puede afectar a la fauna, a la producción agrícola o a la salud humana, etc.

La valoración es una tarea dificultosa, debido a que los usos y consecuencias de la alteración del agua son difíciles de determinar.

De tal manera que en nuestro análisis no será incluida al no ser posible disponer de datos fiables para poder valorarla.



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



Contaminación del suelo:

La contaminación del suelo, también puede afectar a la flora y la fauna, a la productividad agrícola y también a la salud de las personas. El caso de la contaminación del agua, sólo se puede considerar en la fase de construcción o rehabilitación de la carretera.

La valoración va incluida a través de las expropiaciones de los terrenos realizadas a los propietarios en las que se contabiliza la cantidad del coste.

Dstrucción Del Paisaje Natural

Es una consecuencia de los proyectos de transporte que en muchas ocasiones causan un deterioro del valor paisajístico de la zona en concreto.

Se puede valorar mediante el método del coste del viaje o el métodos de preferencias declaradas.

El método del coste del viaje se basa en que el disfrute del bien o servicio (de no mercado) necesita automáticamente el consumo de un bien privado (el viaje). Entonces los costes del viaje pueden ser utilizados para determinar la disposición de los usuarios a pagar por los servicios proporcionados por el sitio.

El método de preferencias declaradas se basa en mercados ficticios diseñados mediante encuestas.

Las diferencias entre ambos métodos es que mientras el primero considera únicamente a los individuos que se desplazan hasta el lugar para su disfrute, el segundo método considera también a los individuos que no sean desplazado a la zona.

Debido a la difícil cuantificación de los efectos de un impacto en el paisaje, mientras que no se genere un impacto evidente y muy notable, no será incluido.

En nuestro trabajo los impactos sobre el paisaje presentan características similares y de importancia no alta, de modo que no serán considerados.



Efecto Barrera Sobre El Territorio

Este impacto es considerado el más negativo vinculado a las carreteras.

Afecta sobre todo a la fauna, porque dificultan el desplazamiento dentro de su hábitat y proporcionando dificultades en la búsqueda de comida, refugio o para aparearse y en ocasionando un aislamiento.

La siguiente tabla proporcionada por el Manual europeo en identificación de conflictos y diseño de soluciones, se observa la relación entre intensidad de tráfico y la permeabilidad de las carreteras:

Intensidad del tráfico	Permeabilidad
Carretera con tráfico inferior a 1000 vehículos / día	Permeable a la mayoría de las especies
Carretera con 1000 a 4000 vehículos / día	Permeable a algunas especies pero evitada por las especies más sensibles
Carretera con 4000 a 10000 vehículos / día	Las barreras, el ruido y el movimiento de vehículos pueden ahuyentar a muchos animales. Otros tratan de cruzarla y son atropellados.
Autopistas con nivel de tráfico superior a 10000 vehículos / día	Impermeable a la mayoría de las especies

Fuente: COST 341, Fauna y tráfico. Manual europeo para la identificación de conflictos y el diseño de soluciones.

Algunos casos se pueden intentar evitar mediante la construcción de túneles, viaductos y puentes para el paso de la fauna.

En nuestro caso hemos decidido no incluir su coste, debido a la difícil cuantificación que genera un impacto sobre la fauna. Además, en nuestro caso la fauna silvestre es escasa en las zonas de afección y algunas especies se encuentran ya adaptadas a la presencia humana y acostumbradas a la presencia de vehículos.

En la alternativa tendrán unos efectos similares por lo que no serán consideradas en la evaluación.



CÁLCULO INCREMENTAL DE COSTES Y BENEFICIOS DE LAS ALTERNATIVAS RESPECTO AL CASO BASE

No es suficiente con sólo obtener los resultados de los impactos sobre la organización, usuarios y externalidades. La evaluación económica debe llevarse a cabo de una forma incremental, es decir, comparando los resultados de los distintos impactos de la alternativa con el caso base, evaluando las diferencias de los beneficios y costes entre ambos.

Esta evaluación se hará por pares de secuencia de menor a mayor coste, calculando los incrementos de beneficio neto (BNI). La mejor opción será la que tenga mayor BNI respecto a la mejor de menor coste.

OBTENCIÓN DE LOS INDICADORES (VAN, B/C)

Después de que se hayan obtenido los flujos de costes y beneficios de los apartados anteriores, se deben extraer los resultados de la evaluación.

El inconveniente es que, aunque todas las unidades estén expresadas en euros, al ser de periodos de tiempos distintos debemos emplear la tasa de descuento, la cual nos permite obtener el valor actual de cantidades monetarias futuras.

El Ministerio de Fomento sugiere para la evaluación de proyectos que se dividan los indicadores de rentabilidad en dos grupos:

- Los que dependen de la tasa de descuento.
- Los que no dependen de la tasa de descuento.

Indicadores que dependiente de la tasa de descuento

VAN: valor actual neto.

B/C: relación beneficio – coste

P.R.I.: periodo de recuperación de la inversión.



Valor actual neto (VAN)

En la fórmula más usada para este tipo de evaluación de análisis coste-beneficio y también es la que emplearemos en este documento. Consiste en descontar los flujos de costes y beneficios hasta un periodo común de referencia generalmente para $(t=0)$.

La fórmula del valor actual neto:

$$VAN = \sum_{t=0}^t \frac{ABS_t}{(1 + t)^t}$$

Donde:

ABS: representa el cambio en el bienestar social (beneficios sociales menos costes sociales) cada año t .

I : este parámetro representa la tasa de descuento (constante para todos los años). Para este tipo de proyectos como ya mencionado es preferible utilizar una tasa de descuento del 6%.

VAN positivos indican que invirtiendo en el proyecto la sociedad obtendrá un beneficio social superior al que habría destinado invirtiendo para otros fines, de manera que es aconsejable llevar a cabo el proyecto.

Relación beneficio/coste (B/C)

Es la relación que hay entre el beneficio actual neto (BAN) y el coste actual neto (CAN). Son las sumas de los beneficio y los costes generados de cada año actualizados hasta al año base por la tasa de descuento.

$$B/C = \frac{BAN}{CAN}$$

el valor es adimensional y representa el rendimiento por cada euro invertido. Valores superiores a 1 suponen que la alternativa resulta beneficiosa.



Período de recuperación de la inversión inicial

Se considera como el tiempo que se necesita para recuperar la inversión inicial en el sentido en que los beneficios actualizados se igualan a los costes actualizados.

Se empieza desde el inicio de la evaluación con VAN nulo y finaliza cuando la recuperación tenga lugar dentro del periodo de evaluación (30 años).

Indicadores Independientes De La Tasa De Descuento

Tasa interna de retorno (TIR)

Es la tasa de descuento en la que el VAN es nulo y coincide cuando el beneficio actual neto (BAN) se iguala al coste actual neto (CAN). Esto indica que es lo mismo si se gastan los recursos en el proyecto o se destinan a otros fines.

Entonces es aconsejable que el TIR sea superior a la tasa de descuento para realizar la inversión, en caso contrario sería mejor no realizarla.

A mayor TIR tendremos una mayor seguridad para nuestro proyecto.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Como ya se aclaró al principio de este trabajo a los inputs se les asocia valores fijos. Sin embargo, estos inputs están sometidos a una cierta incertidumbre:

- Los pronósticos de demanda de tráfico y su composición ejercen gran influencia sobre los elementos C/B.
- La tasa de descuento, sin considerar los costes iniciales.
- Precios
- La predicción del mantenimiento y conservación de la infraestructura.

La forma de introducir la incertidumbre en este trabajo es a través del análisis de sensibilidad.

Algunos parámetros de la evaluación pueden ir variando y por lo tanto también lo harán los resultados de la evaluación.

Por este motivo se procederá a repetir el análisis con los distintos valores de los parámetros, evaluando cuánto y cómo cambian los valores del VAN y de la relación B/C.

El procedimiento consiste en seleccionar las variables y parámetros decisivos cuyas



Análisis coste-beneficio de las obras de ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en los TM de Alboraya y Valencia



variaciones frente al valor utilizado como referencia tengan un efecto más pronunciado sobre el VAN. La forma de averiguar cuáles son estos parámetros consiste en destacar aquellos parámetros con contribuciones mayores de porcentaje sobre el VAN.

A pesar de ello, hay tres parámetros que se incluirán en el análisis:

Los costes de inversión, la demanda de infraestructura y la tasa de descuento.

La forma de introducir la incertidumbre será aplicando un incremento del 22% para cubrir la tendencia a infravaloración en los costes de inversión.

La demanda de la infraestructura debe ser un parámetro a incluir en nuestro análisis de sensibilidad, debido a que esta relacionado con la predicción del tráfico y la dependencia de la rentabilidad del proyecto. Como se determinó anteriormente la demanda podría tener unas variaciones en torno al ($\pm 20\%$) sobre los valores establecidos. Por lo que se expondrán dos escenarios; uno con valor mínimo de demanda -20% y otro con valor máximo $+20\%$. En ambos casos puede generarse un incremento de costes o beneficios. Un aumento en la demanda puede significar que hay más usuarios dispuestos a beneficiarse de la actuación, pero también puede ocasionar problemas de congestiones en la carretera y viceversa.

Se recomienda para el análisis de sensibilidad utilizar un valor de tasa de descuento entre el 4% y el 8%.

En la siguiente tabla se observan dichas variables y parámetros:

Variable	Valor mínimo	Valor máximo
Costes de inversión	+22% del valor estimado	
Demanda de la infraestructura	-20% del valor estimado	+20% del valor estimado
Tasa de descuento	4%	8%

Otras posibles variables	Valor mínimo	Valor máximo
Costes de capital	-10% del valor estimado	+10% del valor estimado
Costes de operación y mantenimiento	-10% del valor estimado	+10% del valor estimado
Intensidad de tráfico	-10% a 20% del valor estimado	+10% a 20% del valor estimado



Análisis coste-beneficio de las obras de ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en los TM de Alboraya y Valencia



Porcentaje de vehículos en horario laboral	-5 puntos en el porcentaje	+5 puntos en el porcentaje
Ratio de ocupación de vehículo	-0,3 del valor estimado	+0,3 del valor estimado
Tasa de incremento de tráfico	-2 puntos en la tasa	2 puntos en la tasa
Tráfico generado o desviado por el proyecto	-50% del valor estimado	+50% del valor estimado
Variación de la velocidad media	-25% del valor estimado	+25% del valor estimado
Variación de accidentes	-50% del valor estimado	+50% del valor estimado

Por último, se determinará el VAN para las distintas variaciones de los parámetros y después se representarán los resultados para compararlos y llegar a una conclusión.

De esta manera se finaliza el procedimiento del método análisis coste-beneficio de nuestro trabajo académico de evaluación de carretera.

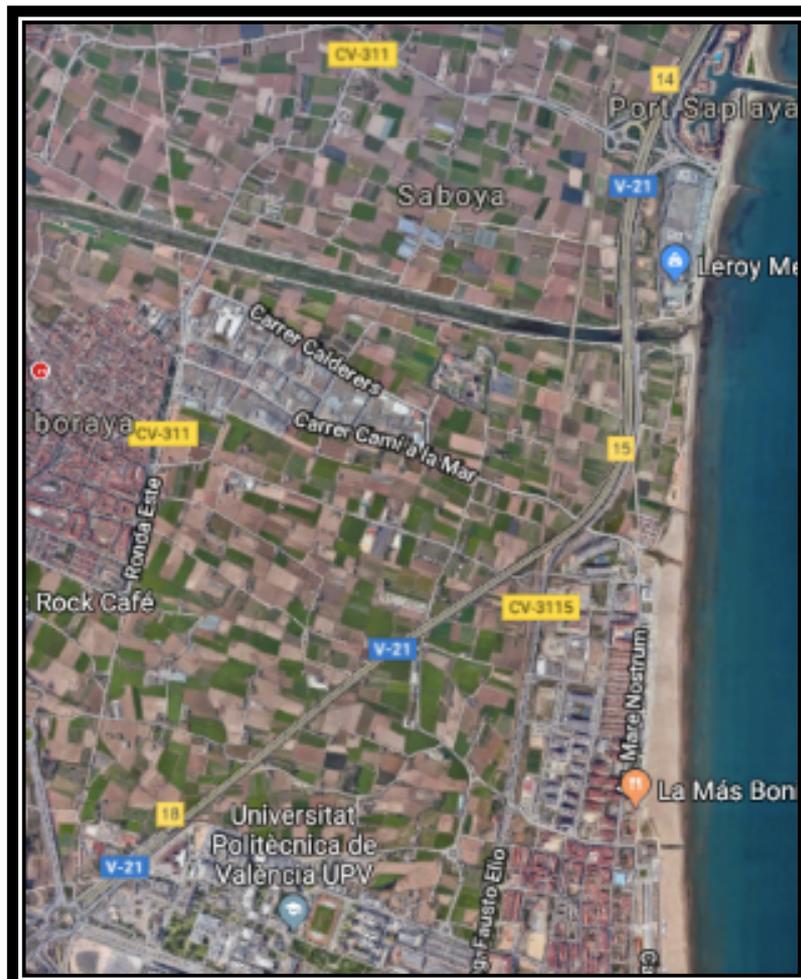
APLICACIÓN PRÁCTICA

Ahora se llevará a cabo la aplicación práctica del método de análisis coste-beneficio.

En este caso aplicaremos el método para realizar una evaluación económica-social a la ampliación de un tercer carril por calzada de la autovía V-21 entre los tramos desde el enlace de Alboraya y su conexión con la ronda norte. Este tramo corresponde aproximadamente con los P.P.K.K. 12+940, de inicio, y 17+100, de terminación.

Se comparará el caso base (situación sin proyecto) con la alternativa propuesta por el proyecto. En función de sus respectivos costes y beneficios se seleccionará la mejor opción.

A continuación, y antes de comenzar con la evaluación, estableceremos los antecedentes y la situación actual de la carretera V-21.





ANTECEDENTES

La Orden de Estudio que sirve como base al proyecto se autorizó por Resolución de la Dirección General de Carreteras de fecha 19 de diciembre de 2007. El 16 de septiembre 2008 se firmó el contrato para la redacción del proyecto de trazado y su construcción “Ampliación a tres carriles del tramo Carraixet-Valencia de la autovía V-21”, con clave 47-V-7070, adjudicado a la consultora CPS Ingenieros, Obra Civil y Medio Ambiente, S.L., por Resolución de la Secretaria de Estado de Infraestructuras a fecha de 24 de julio de 2008.

El proyecto tiene como antecedentes técnicos principales:

- La conexión de la Ronda Norte de Valencia con la V-21.
- La ampliación a tres carriles de la Autovía V-21 en el tramo anterior, Puzol – Carraixet.
- La primera fase del nuevo acceso norte al Puerto de Valencia.
- El proyecto del nuevo acceso ferroviario a Levante.

Estando el proyecto en redacción, la Conselleria de Infraestructuras y Transporte de la Generalitat, modificó sus previsiones de conexión del acceso norte al puerto con la V-21 y las trasladó iniciándola antes del enlace de Alboraya. Esto ocasionó que la



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana solicitara suprimir ese último tramo de las obras entre Puzol y Carraixet para incorporarlo al tramo Carraixet-Valencia mediante la correspondiente modificación de Orden de Estudio aprobada por el Director General de Carreteras el 21 de diciembre de 2010.

Por resolución de 15 de febrero de 2016, el Secretario de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, por delegación de la Ministra de Fomento (Orden FOM/756/2014), resuelve la aprobación del expediente de información pública y definitivamente el proyecto de trazado (BOE núm. 81 del 4/04/2016).

Con fecha de 7 de abril de 2017, tras un total de tres modificaciones de la orden de estudio, solicitadas por la Demarcación de Carreteras del Estado de Valencia, la Dirección General de Carreteras del Estado resuelve la modificación de la Orden de Estudio para realizar la redacción del proyecto de construcción 47-V-7070.

Finalmente, tras un largo proceso administrativo, el 18 de marzo de 2018 se le adjudica la obra a Obrascon Huarte Lain S.A. (OHL, S.A.).

Objeto del proyecto:

La autovía V-21, Puzol-Valencia, constituye el denominado acceso norte a Valencia y da servicio al tráfico de origen o destino el norte de la autovía A-7 o la autovía A-23.

La V-21, tiene el inconveniente actual que dispone de dos carriles por sentido de circulación, soporta un alto volumen de tráfico, y como consecuencia, los niveles de servicio son bajos con importantes retenciones.

El presente proyecto tiene por objeto la ampliación a tres carriles de la autovía V-21 en el tramo comprendido entre el enlace de Alboraya y la conexión de la Ronda Norte de Valencia con la autovía V-21.

Este tramo dará continuidad al proyecto redactado y recientemente ejecutado de ampliación a tres carriles en el tramo Puzol-Carraixet, reduciendo de esta manera los problemas de tráfico actuales en los movimientos de entrada y salida de Valencia. También, permitirá adecuar el tramo de Carraixet-Valencia a la redistribución del tráfico que generará cuando se ejecute la conexión con el nuevo acceso Norte al Puerto de Valencia.

La ampliación a tres carriles proporcionará el aumento de capacidad necesario para absorber el incremento de tráfico que se generará.



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



ACTUALIDAD

El tramo de autovía V-21 está comprendido entre la conexión de las vías colectoras de Acceso Norte al Puerto de Valencia (en el enlace de Alboraya) y la conexión de la Ronda Norte de Valencia con la V-21, abarcando los términos municipales de Alboraya y Valencia.

Este tramo corresponde aproximadamente con los P.K. 12+940, de inicio, y 17+100, de terminación.

Actualmente, se están ejecutando las obras de ampliación a tres carriles del tramo Carraixet – Valencia. La empresa adjudicataria del proyecto de construcción y la encargada de ejecutar este proyecto es Obrascon Huarte Lain S.A. (OHL).

El trazado se inicia con una alineación conformada por curva-contra curva de amplitud de radios próximos a los 1500 metros con intermediación de la correspondiente transición, con una alineación recta a su paso sobre el barranco de Carraixet. A continuación, es una curva larga de radio 600 metros enlazada mediante clotoide, siendo inferior a la curva que resulta normativamente. Se continua con una alineación recta de 700 metros de longitud que gira mediante una curva de radio 2000 metros enlazada por clotoides para terminar en la recta de entrada a Valencia cuyo final es el túnel de la Avenida de Cataluña.

Debido a la orografía del terreno, el trazado en alzado se considera prácticamente horizontal con pendientes reducidas, alternando rampas con pendientes mínimas, haciendo coincidir los acuerdos convexos que se generan para los pasos sobre el barranco del Carraixet y el resto de cruces de acequias y o caminos agrícolas.

En este tramo la autovía presenta una sección formada por dos calzadas con dos carriles por sentido, con una anchura por carril de 3,75 metros. Los arcenes exteriores tienen una anchura de en la mayor parte del tramo de 2,50 metros, mientras que los arcenes interiores oscilan entre 1,00 – 1,50 metros.

La mediana se define hasta el barranco del Carraixet como una mediana amplia a modo de cuneta de seguridad en tierras, que permite la ampliación de la calzada. Desde el Carraixet la mediana se conforma mediante barrera de seguridad doble de hormigón, por lo que la anchura se reduce a la anchura de la barrera, y la proyección de calzada se proyecta por el exterior.

RED DE CARRETERAS Y DATOS DE TRÁFICO

Para conocer la situación acerca del tráfico en el presente documento emplearemos los datos de aforo que provienen de diferentes fuentes oficiales:

- **Mapa de tráfico.** Red de Carreteras del Estado y Red Autonómica Principal del Ministerio de Fomento. Datos correspondientes a los periodos de años entre 1997 – 2006 y 2014.

La estación E-71-0 del Ministerio de Fomento en el PK 12+800 de la cual se obtienen

los valores de intensidades de los vehículos ligeros y pesados, tanto valores históricos como actuales.

- **Dirección General de Tráfico.** Datos correspondientes a los años 2005, 2006, 2007 y 2008.

Se han obtenido los datos de la estación permanente 46-9071-0 y de la secundaria 46-9018-2 para la obtención de valores históricos y actuales, pronósticos futuros, así como los valores de la categoría del tráfico y nivel de servicio de cada uno.

Además, se solicita de la ETD dispuesta en el PK 16+300 de la V-21 para conocer el número de pesados entre el enlace de Alboraya y la entrada a Valencia.

- **Diputación Provincial de Valencia.**
- **Aforos in situ**



Figura 1. Localización ETD Ministerio de Fomento.

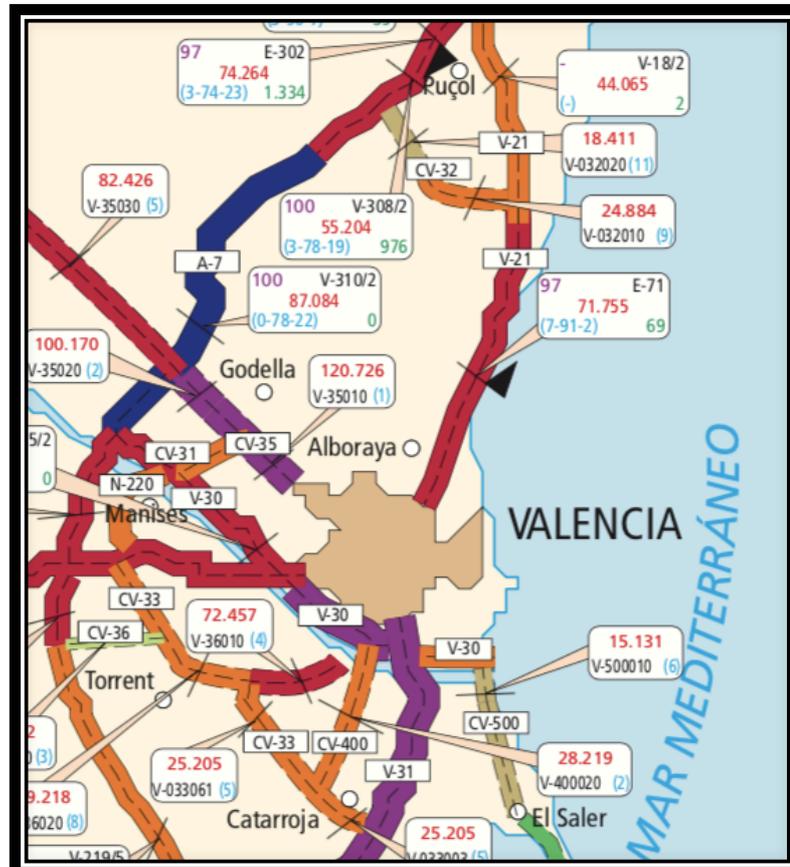


Figura 2. Mapa de Tráfico, Acceso a Valencia 2016. Ministerio de Fomento.

A partir de este gráfico se observa la estación E-71, situada en el acceso Norte a Valencia.

Esta estación de aforo permanente presenta una IMD de 71.755 veh/día y un porcentaje de tráfico pesado de un 1,80%, determinándose una IMD pesados de 1321 veh/día.

Como se puede observar el Acceso Norte a la ciudad de Valencia la cifra de vehículos pesados es inferior al resto de accesos.

Esto surge del crecimiento del tráfico pesado con origen o destino en las instalaciones portuarias utiliza la puerta sur de acceso.

Tras la puesta en servicio de la Fase I los vehículos pesados con Origen/Destino el Puerto de Valencia, utilizaran el Acceso Norte, situado fuera del tramo objeto de estudio del presente proyecto por lo que no se tienen en consideración.

Pero el 15% de los vehículos ligeros que acceden a Valencia actualmente a través de la V-21, lo harán a través del Acceso Norte, tras la puesta en servicio de la Fase I del Acceso Norte al Puerto, su puesta en servicio se estima en 2025.



Análisis coste-beneficio de las obras de ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en los TM de Alboraya y Valencia



La construcción de la Fase I y II del Acceso Norte al Puerto de Valencia posibilitarán una solución de acceso al puerto desde el Norte, de modo que reducirá el recorrido que actualmente realizan los vehículos a través del By-pass, en 18 km.

A continuación, se representa la evolución histórica de la estación permanente E-071

Año	IMD				% CRECIMIENTO		
	Total	Lige	Pesa	% Pesa	Total	Lige	Pesa
2016	71755	70434	1321	1.8	1.95	5.23	5.18
2015	70380	66934	1256	1.8	3.32	3.29	5.19
2014	68117	64803	1194	1.8	0.16	-0.14	20.12
2013	68008	64891	994	1.5	-1.36	-1.23	-9.55
2012	68943	65696	1099	1.6	2.76	-0.14	-3.68
2011	67090	65785	1141	1.7	-7.16	-4.63	-5.47
2010	72266	68982	1207	1.7	-3.11	-4.91	-22.68
2009	74583	72546	1561	2.1	-2.32	-2.72	9.24
2008	76355	74573	1429	1.87	3.74	4.56	-10.46
2007	73602	71319	1596	2,17	-0.72	0.33	-36.49
2006	74133	71087	2513	3,38	0,89	3,42	-40,5

Fuente: Ministerio de Fomento.

Evolución del tráfico:

La evolución del tráfico en el tramo de la autovía V-21 objeto de estudio, va a depender en parte de los condicionantes socioeconómicos, así como de la puesta en servicio de diversas infraestructuras localizadas en el ámbito de estudio, que son:

- Puesta en servicio del acceso a Valencia previsto en el Acceso Norte al Puerto de Valencia.
- Ampliación del Puerto de Valencia
- Construcción de nuevas zonas residenciales
- Desplazamiento y ampliación de la superficie comercial de Alboraya en su límite con Valencia.

Con todas estas actuaciones, se establece que la tendencia será de incremento del tráfico existente en la autovía V-21 como consecuencia de la ampliación de su capacidad.

- Periodo de proyecto: 30 años.



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



- Intensidad horaria punta: se adopta el valor correspondiente a la IH 100.
- Tráfico Pesado: se asume un porcentaje anual de pesados en todo el tramo del 0,72%.
- La categoría de tráfico pesado: T2.
- El nivel de servicio en el tramo del proyecto en el año horizonte (2047): Nivel de Servicio C.

El crecimiento medio anual. Se calcula la IMD en el año horizonte con las tasas de crecimiento anual fijadas en la Orden FOM/3317/2010 (1,12% en el periodo 2013 -2016 y 1,44% en el periodo 2017 en adelante)

MARCO DEL ANÁLISIS COSTES-BENEFICIO

Anteriormente, en la descripción del método, mencionamos que se trataba de un análisis determinista, debido a que se le asocian a los inputs unos valores fijos.

Sin embargo, muchos de estos inputs están sometidos a incertidumbre y es ese el motivo por el cual se realiza un análisis de sensibilidad.

Se utilizarán las variables y parámetros cuyas variaciones, positivas o negativas, tengan mayor trascendencia sobre el VAN o RBC, como lo son los costes de inversión, la demanda de la infraestructura y la tasa de descuento.

La forma de introducir la incertidumbre era aplicando un incremento del 22% para cubrir la tendencia de la infravaloración en los costes de inversión.

La demanda podría tener unas variaciones en torno al $\pm 20\%$ sobre los valores establecidos. En este caso se expondrán dos escenarios; uno con valor mínimo de demanda -20% y otro con valor máximo $+20\%$ y en ambos casos puede generarse un incremento de costes o beneficios. Un aumento en la demanda puede significar que hay más usuarios dispuestos a beneficiarse de la actuación, pero también puede ocasionar problemas de congestiones en la carretera y viceversa.

Se ha recomendado la utilización de una tasa de descuento del 6%, pero como para infraestructuras está entre 3% y 7%, se recomienda para el análisis de sensibilidad utilizar un valor de tasa de descuento entre el 4% y el 8%. De este modo podemos comprobar como varían los resultados.

Respecto al horizonte temporal, tomaremos un periodo de 30 años, que es el valor que recomienda el Ministerio de Fomento. Por lo tanto, el análisis abarca desde el 2017 hasta el 2047.



PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Lo idóneo en estos casos es que se disponga de más de una alternativa para que en el momento de comparar resultados se seleccione la mejor opción.

Sin embargo, en este trabajo contamos con una infraestructura existente, por lo que la única alternativa es la misma ampliación a un tercer carril en la autovía V-21 entre los tramos de Alboraya y Valencia.

El objetivo del proyecto es dar continuidad al proyecto de ampliación a tres carriles en el tramo Puzol-Carraixet, reducir los problemas de movimientos de tráfico de entrada y salida de Valencia y la redistribución del tráfico cuando se efectúe el nuevo acceso Norte al Puerto de Valencia. En definitiva, se trata de mejorar el nivel de servicio y de descongestionar el tráfico.

En nuestro documento se comparará la autovía V-21 actual que llamaremos “CASO BASE” con la del proyecto de ampliación a tres carriles de la misma autovía, que llamaremos “ALTERNATIVA” entre los tramos de Alboraya-Valencia.

El proyecto se inicia en la conexión del nuevo acceso Norte al puerto de Valencia (enlace de Alboraya) con la autovía y termina en la conexión con la ronda norte de Valencia. Este tramo corresponde aproximadamente con los P.K. 12+940, de inicio y P.K. 17+100 de terminación, manteniendo los ejes en los bordes interiores de la calzada y los puntos kilométricos establecidos en el Proyecto de Construcción del tramo Puzol-Carraixet. En este recorrido se encuentra el barranco del Carraixet, que sirve de división física entre dos tramos de características diferenciadas, por lo que las soluciones de ampliaciones también lo son.

En su recorrido la autovía es atravesado por numerosas acequias y por caminos que permiten la comunicación de las poblaciones situadas al oeste de la autovía con la costa. Además, es atravesado por infraestructuras como la línea de ferrocarril Valencia-Tarragona y la futura línea de alta velocidad junto a la infraestructura ferroviaria existente, y por el paso inferior previsto por el acceso norte al puerto en su segunda fase.

De las estructuras existentes se aprovechan todas generando las ampliaciones necesarias.

El proyecto se completa con la remodelación del lado oeste del enlace de Alboraya para adecuarlo a la nueva sección tipo del tronco proyectada y mejorar su capacidad y seguridad vial.



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



En el tramo comprendido entre Alboraya y el barranco del Carraixet la sección existente presenta una mediana central de nueve metros permitiendo así la ampliación a tercer carril. Desde el Carraixet a Valencia la sección de mediana se reduce (de 9 a 2 metros) por lo que la ampliación a tres carriles se realiza por el exterior, realizando una ampliación de plataforma (de 0 a 7 metros).

A continuación, se incluye a modo de resumen la siguiente tabla informativa con los anchos de mediana de la planta proyectada en cada subtramo:

ANCHURA DE MEDIANA	TRAMO	SUBTRAMO
3,00 m	TRAMO I	P.K. 12+940 a P.K. 13+220
3,00 a 4,00 m	Desde inicio de obra hasta la estructura del enlace de Alboraya	P.K. 13+220 a P.K. 13+520
4,00 m	TRAMO II Desde la estructura del enlace de Alboraya hasta la estructura sobre el barranco del Carraixet	P.K. 13+520 a P.K. 14+400
4,00 a 3,00 m	TRAMO III Desde la estructura sobre el barranco del Carraixet hasta glorieta de acceso a Valencia por el Norte	P.K. 14+400 a P.K. 15+200
3,00 m		P.K. 15+200 a P.K. 15+860
3,00 a 2,00 m		P.K. 15+860 a P.K. 16+060
2,00 m		P.K. 16+060 a P.K. 16+700
2,00 a 0,60 m		P.K. 16+700 a P.K. 16+860
0,60 m		P.K. 16+860 a P.K. 17+107.745

Fuente: tabla proporcionada por el proyecto de ampliación V-21.

A la entrada de Valencia se acomoda la sección a la existente incorporando un cuarto carril que permite su posterior reparto en dos carriles hacia el túnel de la Avenida de Cataluña y dos carriles hacia la glorieta de conexión con la Ronda norte.

A la salida de la ciudad de Valencia se remodela la sección existente incorporando hasta un quinto carril que después se reducen a tres definidos en el tronco principal y que permite mantener una sección permanente de tres carriles de salida desde el túnel de Avenida Cataluña.

Trazado Geométrico

El trazado geométrico debe cumplir con lo establecido en la Orden de estudio, así como los parámetros y criterios de diseño establecidos en la Norma 3.1 –IC, aunque el



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



presente proyecto no se corresponde a una carretera de nuevo trazado, sino que se trata de una ampliación de una infraestructura existente, de modo que la norma no será de cumplimiento obligatorio.

Condicionantes de diseño:

- Velocidad de proyecto ($V_p = 100$ km/h).
- Aprovechamiento de la plataforma.
- Aprovechamiento de las estructuras existentes.
- Minimizar la ocupación de terrenos, limitando las expropiaciones.
- Conexiones con el tramo anterior (Puzol-Carraixet), con el tramo posterior (Conexión de la Ronda Norte de Valencia con la V-21), así como con el Acceso Norte al Puerto de Valencia.

Coordinación con otras actuaciones:

- **Ampliación a tres carriles. Autovía V-21- Tramo: Puzol (V-23)- Carraixet (Nuevo acceso al puerto de Valencia). Clave: 47-V-5700.**
- **Conexión de la Ronda Norte de Valencia con la V-21. Clave: 45-V-4700.**
- **Nuevo Acceso al Puerto de Valencia.**
- **Infraestructuras ferroviarias.**

Tramificación del estudio:

Tramo A: PK 12+900 – 13+170

Tramo B: PK 13+170 – 13+300

Tramo C: PK 13+300 – 13+380

Tramo D: PK 13+380 – 14+010

Tramo E: PK 14+010 – 15+680

Tramo F: PK 15-680 – 17+100



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



A continuación, se adjuntan las principales características del trazado:

EJE 1 CARRAIXET - VALENCIA (C.D.)

P.K.	Longitud (m)	Azimut (gon)	Radio (m)	Param. (m)	Peraltes (%)
12+416,202	0,000	214,4847			
12+541,421	125,219	214,4847	RECTA		
12+951,435	410,014	231,2169	1560,000		3,00
13+220,637	269,202	231,2169	RECTA		2,00
14+029,948	809,311	198,6490	-1582,000		2,50
14+206,148	176,200	195,1038		527,966	
14+408,729	202,581	195,1038	RECTA		2,00
14+513,626	104,897	199,8032		273,000	
15+141,315	627,689	256,0452	710,500		4,3
15+246,211	104,896	260,7447		273,000	
15+777,367	531,156	260,7447	RECTA		2,00
15+856,771	79,404	259,4903		399,999	
15+988,663	131,892	255,3233	-2015,000		3,81
16+068,067	79,404	254,0690		399,000	
16+690,103	622,036	254,0690	RECTA		2,00
16+690,103	0,000	253,7778	-0,010		
16+840,900	150,797	253,7778	RECTA		2,00
16+840,900	0,000	254,0333	0,010		
17+485,519	644,619	254,0333	RECTA		2,00

Origen del tramo PK 12+940 y final del tramo PK 17+059,261

EJE 2 VALENCIA - CARRAIXET (C.I.)

P.K.	Longitud (m)	Azimut (gon)	Radio (m)	Param. (m)	Peraltes (%)
12+418,664	0,000	214,4847			
12+543,884	125,220	214,4847	RECTA		2,00
12+954,09	410,206	231,1606	1566,000		3,00
13+221,082	266,992	231,1606	RECTA		2,00
14+032,022	810,940	198,6505	-1588,000		2,80
14+208,954	176,932	195,1040		530,064	
14+412,111	203,157	195,1040	RECTA		2,00-0,50
14+517,154	105,043	199,8167		272,999	
15+143,663	626,509	256,0320	709,500		7,98
15+248,707	105,044	260,7447		272,999	
15+794,326	545,619	260,7447	RECTA		2,00
15+873,928	79,602	259,4841		400,000	
16+005,097	131,169	255,3296	-2010,000		3,82
16+084,699	79,602	254,0690		400,000	
16+696,99	612,291	254,0390	RECTA		2,00
16+696,99	0,000	254,3266	0,010		
16+858,572	161,582	254,3266	RECTA		2,00
16+858,572	0,000	254,0485	0,010		
17+492,365	633,793	254,0485	RECTA		2,00

Origen del tramo PK 12+940 y final del tramo PK 17+213,761

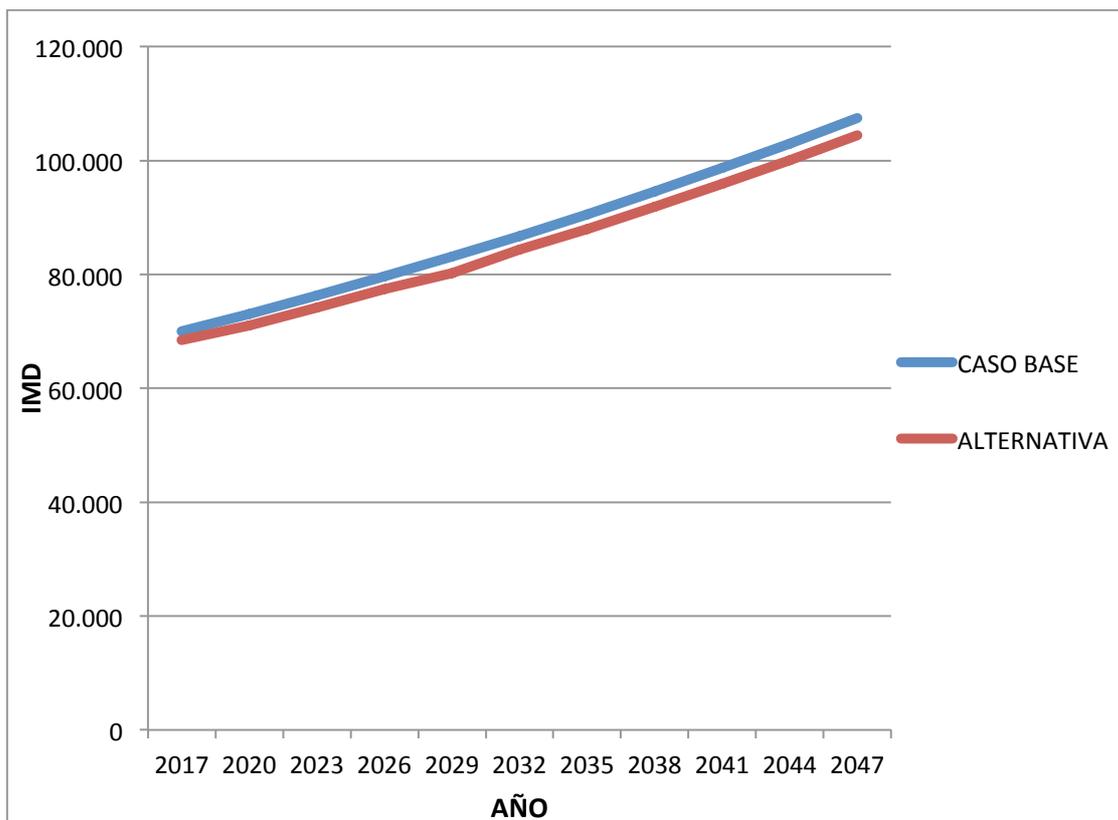
Fuente: tabla proporcionada por el proyecto de ampliación V-21.

PREDICCIÓN DE LA DEMANDA

En el siguiente apartado correspondiente a la predicción de la demanda, una vez determinados los datos de tráfico y su evolución en el tiempo, podemos crear un modelo con las demandas obtenidas para el caso base y para la alternativa con el fin de realizar un diagnóstico futuro. Esto se encuentra especificado en el Anejo I: Predicción de la demanda.

A continuación, se muestra una gráfica con los resultados obtenidos para el caso base y la alternativa. En ambos casos hemos seguido las recomendaciones del Ministerio de Fomento según la cual se determina un crecimiento anual del 1,44%, tal como hemos mencionado anteriormente.

En el siguiente gráfico se observa la demanda para caso base y alternativa:



De esta gráfica de demandas, observamos que hay una disminución de la demanda en la alternativa. Esto se debe al tráfico atraído por la puesta en servicio del nuevo acceso norte al puerto de Valencia.



CÁLCULO DE LOS IMPACTOS SOBRE LA ORGANIZACIÓN

A continuación, calcularemos los impactos sobre la organización o los productores que se corresponden con los del propietario del proyecto. No hay que olvidar que estos costes se dividen en: costes de inversión y costes de mantenimiento.

Costes de inversión:

Estos son los costes de planificación, los costes de adquisición y preparación de los terrenos y los costes de construcción.

Los costes de inversión solo se repercuten en la alternativa, puesto que en el caso base es la situación sin proyecto.

Estos costes pueden obtenerse a partir del estudio realizado por el proyecto con sus respectivos anejos y de esta forma obtener el desglose total del presupuesto de inversión de la alternativa.

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
01	EXPLANACIONES	2.044.200,12
02	DRENAJE.....	1.223.332,83
03	FIRMES.....	3.711.623,84
04	ESTRUCTURAS	7.433.785,69
05	SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS.....	1.167.718,64
06	INTEGRACIÓN AMBIENTAL	867.349,54
07	SOLUCIONES PROPUESTAS AL TRÁFICO	559.974,56
08	REPOSICIÓN DE SERVICIOS	1.723.867,90
09	OBRAS COMPLEMENTARIAS.....	300.969,47
10	REPOSICIÓN DE CAMINOS	413.037,49
11	SEGURIDAD Y SALUD.....	56.636,21
12	GESTIÓN DE RESIDUOS	601.586,25
13	VARIOS.....	30.000,00
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		20.134.082,54



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



PRESUPUESTO DE LICITACIÓN

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	20.134.082,54
13,00.....% Gastos generales	2.617.430,73
6,00.....% Beneficio industrial	1.208.044,95
SUMA DE G.G. y B.I.	3.825.475,68
PRESUPUESTO DE LICITACIÓN	23.959.558,22
21% I.V.A.....	5.031.507,23
PRESUPUESTO DE LICITACIÓN (MAS IVA)	28.991.065,45

PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

Presupuesto de Licitación mas I.V.A.....	28.991.065,45
Presupuesto estimativo para expropiaciones.....	2.034.506,96
Presupuesto del Programa de Vigilancia Ambiental	33.519,69
Partida Cultural, 1,5% sobre PEM (RD. 111-86)	302.010,79
TOTAL PRESUPUESTO DE INVERSIÓN	31.361.102,89

Fuente: tabla proporcionada por el proyecto de ampliación V-21.

El presupuesto total de la inversión de este proyecto es de TREINTA y UN MILLONES TRESCIENTOS SESENTA Y UN MIL CIENTO DOS EUROS CON OCHENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.



Costes de mantenimiento

En estos costes podemos distinguir entre los costes de conservación y los de rehabilitación. Para su cálculo emplearemos la recomendación del Ministerio de Fomento, extraída del documento: Recomendaciones para la evaluación económica, coste-beneficios de estudios y proyectos de carreteras. Consiste en unir los conceptos de rehabilitación y conservación.

El resultado ejecutado por este método son unas cifras entorno al 1,5% anual del valor de la obra. Este valor anual medio durante la vida útil es el considerado más correcto en los presupuestos de conservación y reposición del Plan General de Carreteras.

Los costes de mantenimiento serán de un 1,6% del coste de ejecución de la obra.

Por tanto obtendremos un valor de: $20.143.082,54€ \times 0,016 = 322.145,32€$

Finalmente, se multiplicarán los flujos de los impactos sobre la organización para el caso base y la alternativa por la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{1 + T_d^{Año_i - Año_0}}$$

Dónde:

T_d: tasa de descuento, que hemos adoptado un valor de 0,06.

Año i: se refiere cada año.

Año 0: se refiere al año inicial.

De esta manera se aplica la tasa de descuento, la cual nos permite actualizar los costes y beneficios futuros, en valor monetario, a su valor actual en un tiempo-base común.

Con esto reflejamos la variación del valor real del dinero en el tiempo.



CÁLCULO DE LA CAPACIDAD Y LA VELOCIDAD MEDIA

Para el cálculo de la capacidad y velocidad se propone la utilización de la adaptación del modelo británico desarrollado por el *Department for Transport (DfT)*.

En el Anejo 3: Cálculo de la capacidad y velocidad media, encontramos dicha determinación más detallada.

A continuación, se dan a conocer las capacidades máximas obtenidas para el caso base y para la alternativa, medidas en vh/hora por sentido.

Para ello hemos utilizado la fórmula que nos proporciona el método para autovías:

$$Q_c = \frac{2.100}{1 + 0,015 PHV}$$

PHV: Porcentaje de vehículos pesados.

La capacidad máxima en nuestro tramo es de 2.099 vehículos/hora por sentido.

Además, necesitamos obtener las intensidades horarias y la distribución de tráfico por sentido. En caso de no disponer de datos suficientes, aplicaremos la tabla que nos proporciona el Ministerio de Fomento.

Para el cálculo de la velocidad media de circulación o recorrido, se obtiene como antes a través del *Método Británico (DfT)*. Una vez obtenidas las intensidades horarias ya se puede proceder al cálculo de la velocidad media.

Si la intensidad de tráfico es superior a 1080 (veh/hora) y carril en autovías o 1200 (veh/hora) y carril en autopistas:

$$V_L = V_B - 0,033(Q - Q_B)$$

VL: velocidad media ligeros (km/h).

VB: velocidad media (km/h).



Análisis coste-beneficio de las obras de ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en los TM de Alboraya y Valencia



QB: 1080 o 1200 (vh/h) según autovía/autopista.

Q: intensidad horaria (vh/h) por sentido.

VELOCIDAD MEDIA LIGEROS ALTERNATIVA (Km/hora)						
ALTERNATIVA	TRAMO A	TRAMO B	TRAMO C	TRAMO D	TRAMO E	TRAMO F
2017	104	104	114	101	101	101
2018	103	103	114	100	100	100
2019	102	102	113	100	100	100
2020	102	102	113	99	99	99
2021	101	101	112	98	98	98
2022	100	100	112	98	98	98
2023	100	100	111	97	97	97
2024	99	99	110	96	96	96
2025	98	98	110	95	95	95
2026	97	97	109	95	95	95
2027	97	97	113	98	98	98
2028	96	96	112	97	97	97
2029	95	95	112	96	96	96
2030	94	94	111	95	95	95
2031	93	93	110	94	94	94
2032	93	93	110	94	94	94
2033	92	92	109	93	93	93
2034	91	91	109	92	92	92
2035	90	90	108	91	91	91
2036	89	89	107	90	90	90
2037	88	88	107	89	89	89
2038	87	87	106	88	88	88
2039	87	87	105	88	88	88
2040	86	86	105	87	87	87
2041	85	85	104	86	86	86
2042	84	84	103	85	85	85
2043	83	83	103	84	84	84
2044	82	82	102	83	83	83
2045	81	81	101	82	82	82
2046	80	80	101	81	81	81
2047	79	79	100	80	80	80

A continuación, se aprecia la tabla con las velocidades medias de los vehículos ligeros para la alternativa por tramos.

En la tabla vemos que la velocidad media disminuye con el tiempo debido al aumento de la demanda de tráfico.

CÁLCULO DE LOS IMPACTOS SOBRE LOS USUARIOS

En este apartado, se mostrarán los resultados de los distintos impactos sobre los usuarios.

Tal y como se especifica en el Anejo 4: Cálculo de los impactos sobre los usuarios; hemos considerado que en el caso de la conservación un flujo igual a 0.

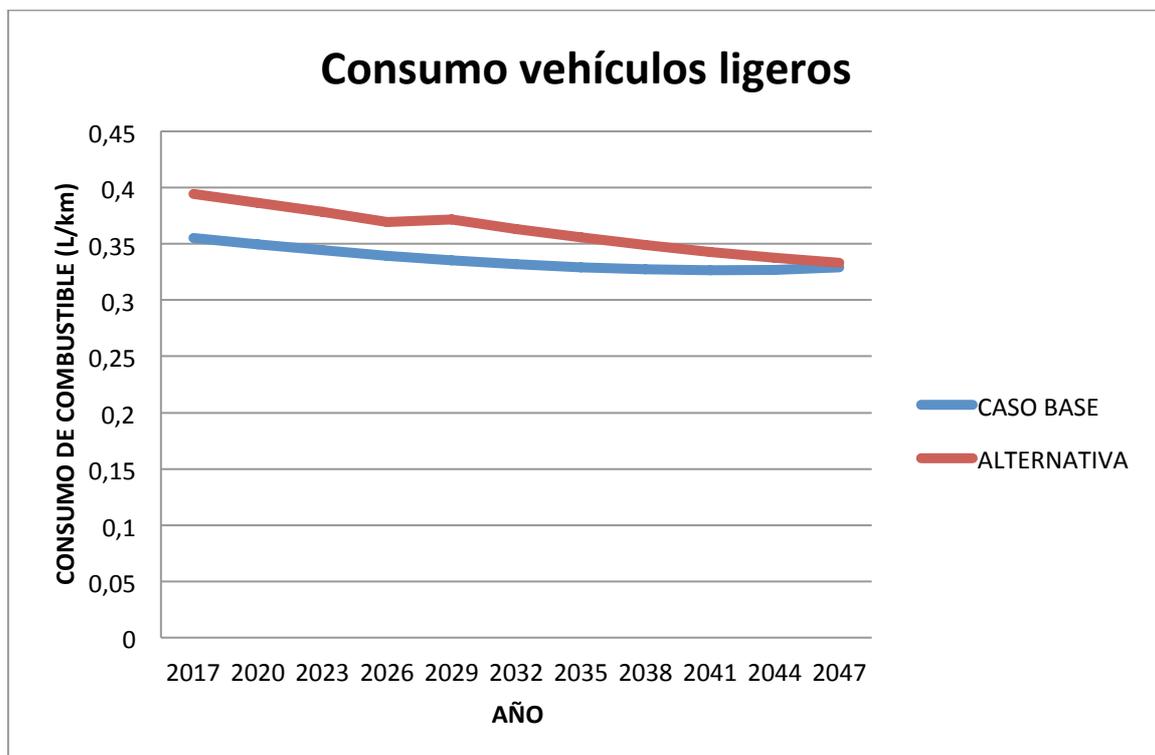
Costes De Operación De Los Vehículos

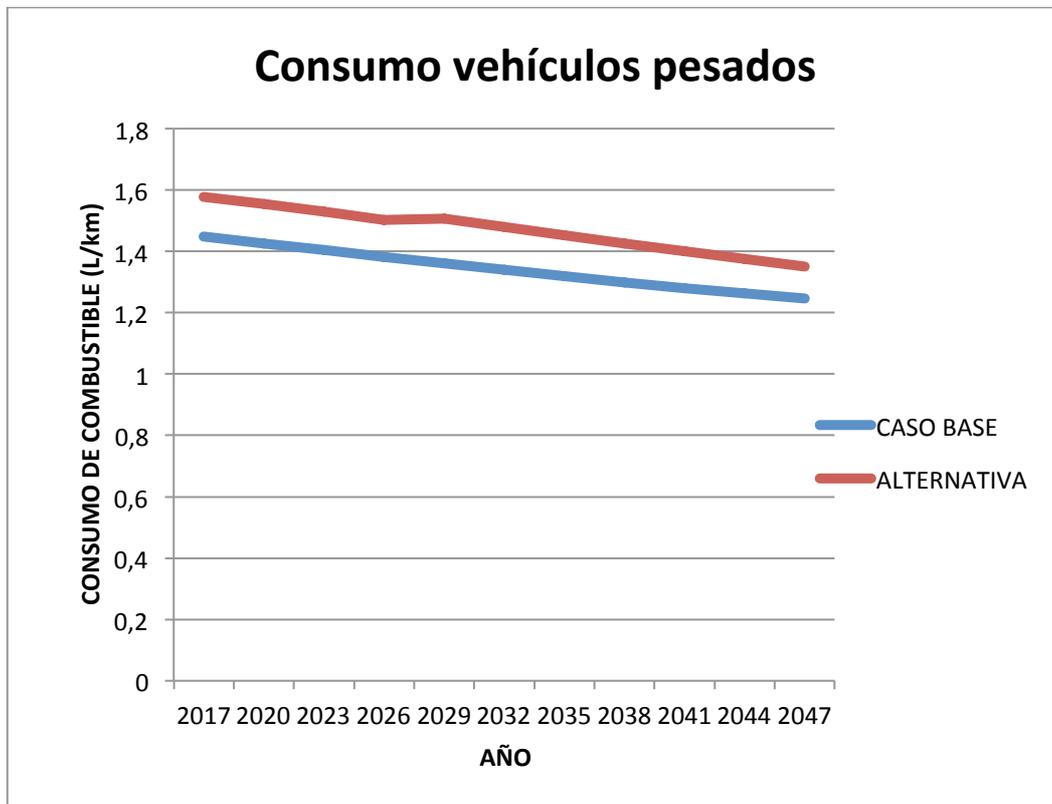
Combustibles

En función de la geometría de la carretera estas partidas presentan variaciones.

Para el cálculo del coste en combustible hemos utilizado las ecuaciones descritas en el correspondiente apartado que vincula el consumo de combustible con la inclinación de la carretera y la velocidad del vehículo, distinguiendo entre los vehículos ligeros y los vehículos pesados.

A continuación, se representan los consumos derivados del combustible para los vehículos ligeros y pesados.





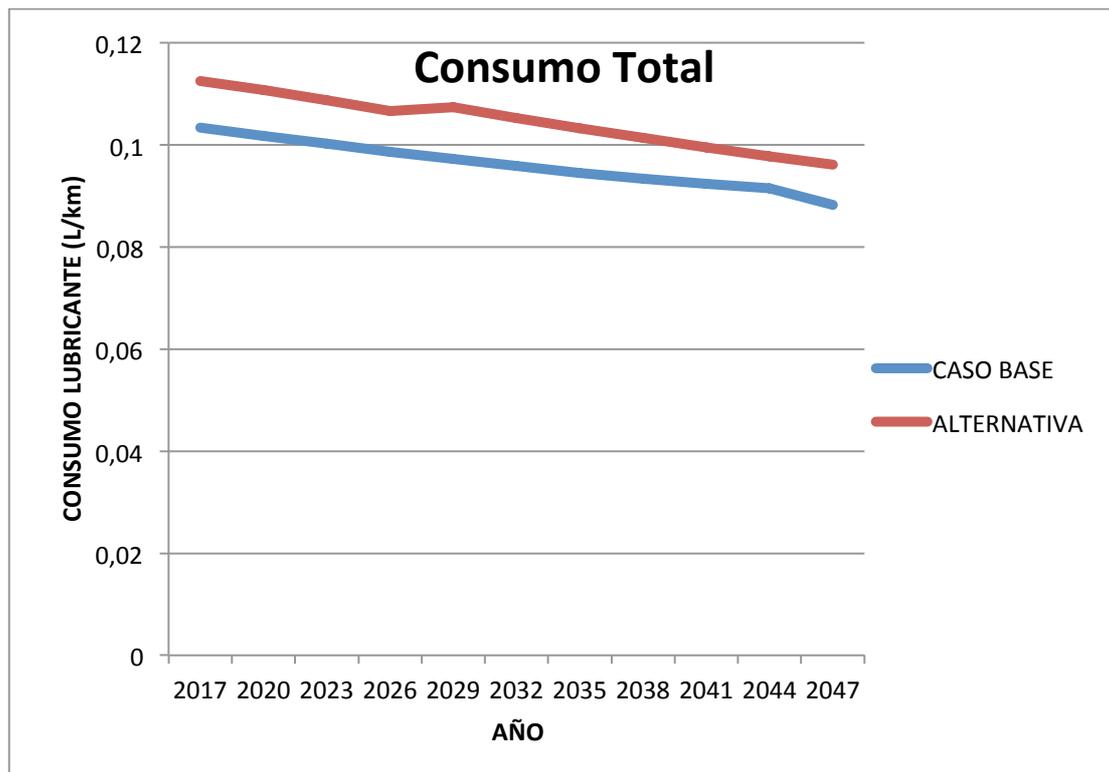
Los costes que genera la alternativa respecto al caso base son debidos a que se aumenta la velocidad y por lo tanto el gasto de combustible es mayor en la alternativa.

Obviamente, el coste en los vehículos pesados es notablemente superior al de los vehículos ligeros.

Además, se puede ver que los costes disminuyen progresivamente en el caso base y en la alternativa debido al incremento de la demanda tráfico a lo largo del periodo de evaluación. A mayor tráfico menor es la velocidad de circulación.

Lubricantes

En este apartado veremos los costes que genera el consumo de lubricantes. El consumo de lubricantes esta relacionado con el consumo de combustible y por esa razón las gráficas serán similares.



El consumo de lubricantes está relacionado con el consumo de combustible y también se generan costes con respecto al caso base, puesto que en la alternativa se alcanzan velocidades superiores que en el caso base y por lo tanto, el consumo de lubricante aumenta.

Por otra parte, los consumos de lubricantes disminuyen a lo largo del periodo de evaluación, debido que el tráfico se incrementa y esto conlleva a que la velocidad de circulación disminuya.

De todas formas en este análisis los flujos de costes y beneficios derivados del consumo de combustibles y de lubricantes no generan un gran impacto en los resultados.



Neumáticos

Estos costes se han obtenido multiplicando el coste de los neumáticos (€/km) por la longitud correspondiente al recorrido.

En el caso de los vehículos ligeros el coste es de 200€ por cada 40.000 km recorridos de media.

En el caso de los vehículos pesados el coste es de 2930€ por cada 65.000 km recorridos.

En esta operación la única variable es la longitud de recorrido y ésta es igual tanto en el caso base como la alternativa. Como consecuencia tenemos un flujo que en este caso es nulo.

Conservación

En este apartado hemos seguido las recomendaciones del Ministerio de Fomento que propone utilizar 2 cent/km para vehículos ligeros y 5 cent/km para los vehículos pesados.

Una vez más apreciamos un flujo nulo, debido a que en el caso base y en la alternativa la longitud de recorrido es la misma.





Peaje

En este trabajo no serán incluidos los costes derivados del peaje. Esto se debe a que en el caso base y en la alternativa no disponemos de peajes.

Sin embargo, es un coste que si afecta a los usuarios de la carretera y/o también es un beneficio para los productores y deberá ser incluido en el caso de una evaluación financiera.

Ahorro en tiempo

La disminución del tiempo de recorrido es una de las partidas más importantes en este análisis coste-beneficio y más influyente en cuanto a beneficios sociales generados en el proyecto.

Como ya mencionado antes, el objetivo que se persigue con la ampliación a un tercer carril es la descongestión del tráfico de entrada y salida de la ciudad de Valencia y aumentar en definitiva el nivel de servicio.

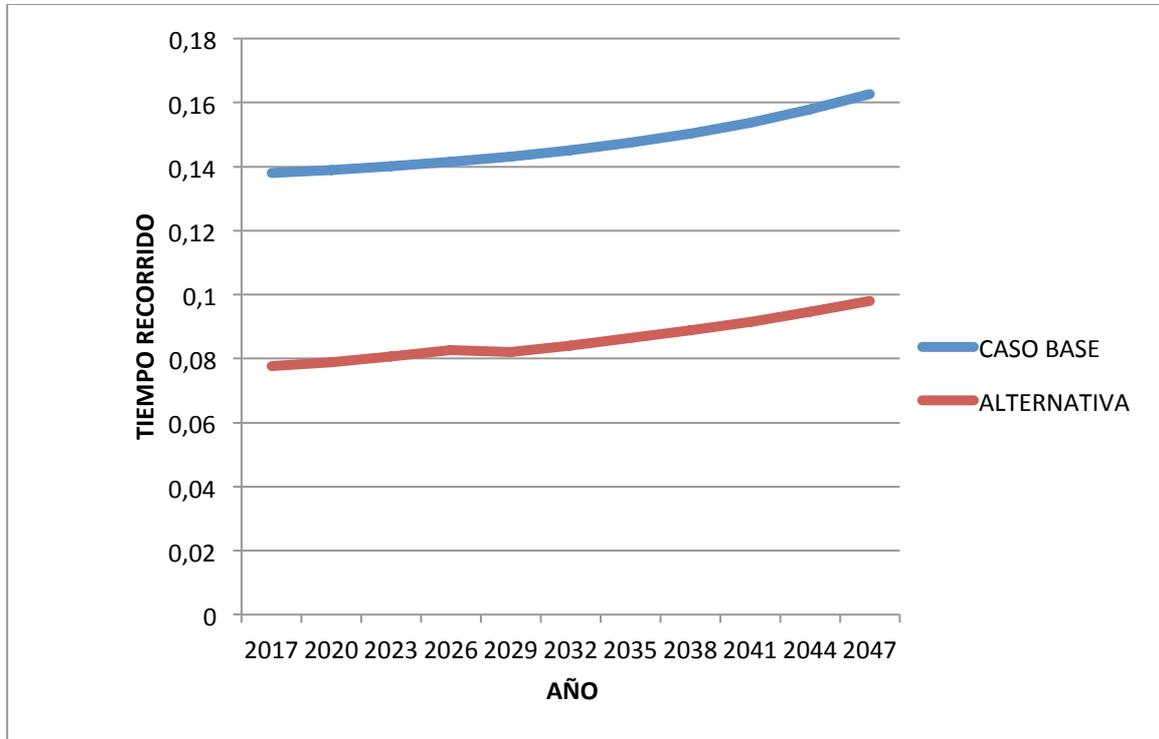
Para ello debemos en primer lugar determinar los tiempos de recorrido para el caso base y para la alternativa, dividiendo la longitud del trayecto entre las velocidades medias de recorrido.

Luego se calcularán las diferencias entre estos para hallar los tiempos de ahorro de la alternativa con respecto al caso base.

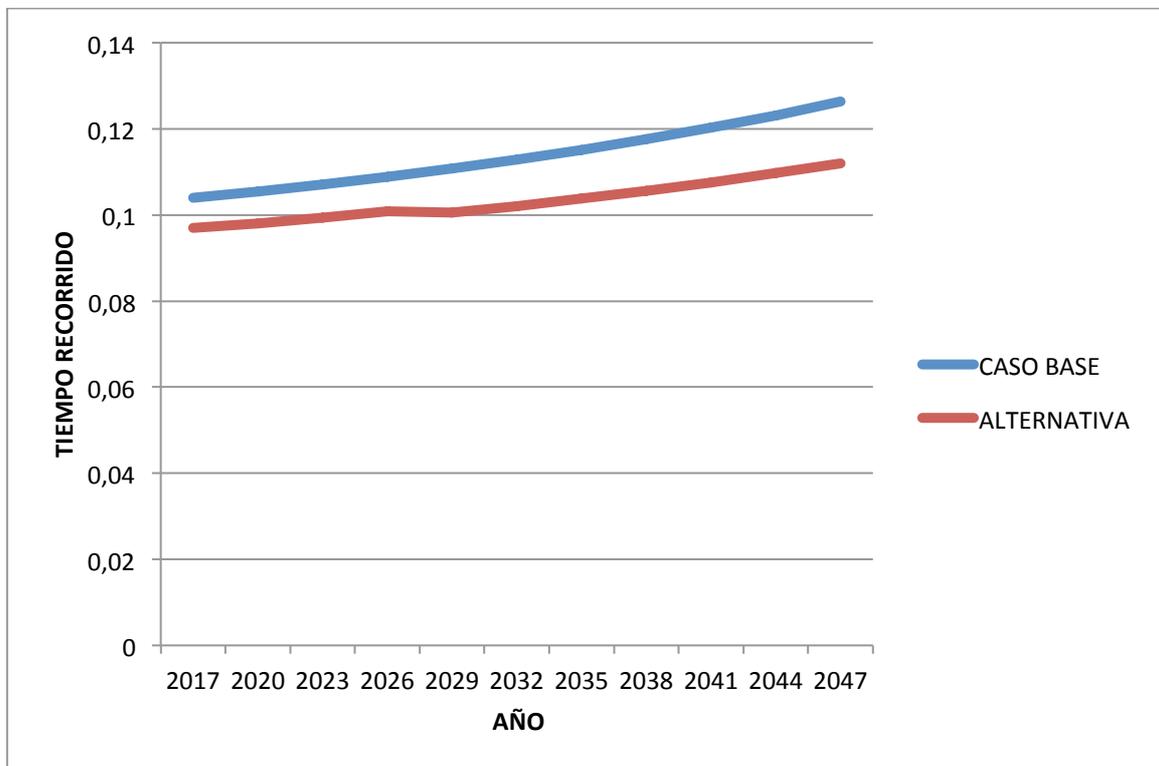
Por lo tanto, es un parámetro que se deberá someter a un análisis de sensibilidad para observar el comportamiento en diferentes escenarios.

A continuación, se observan las gráficas para los flujos de tiempo en vehículos ligeros y en los vehículos pesados:

- Tiempo de recorrido vehículos ligeros



- tiempo recorrido vehículos pesados





Análisis coste-beneficio de las obras de ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en los TM de Alboraya y Valencia



Se puede observar que en ambos casos la alternativa requiere menos tiempo de recorrido que el caso base, obteniéndose de esta manera un flujo de beneficios sobre el caso base.

A lo largo de los años el tiempo de recorrido aumenta debido a que el tráfico existente también lo hace y con ello la velocidad media desciende.

Para la alternativa se observa una disminución del tiempo de recorrido. Esto es la consecuencia tras la puesta en servicio del Acceso Norte al puerto de Valencia.

Una vez obtenidos los tiempos de recorrido, se calculará la diferencia entre estos para determinar los ahorros de tiempo de la alternativa con respecto al caso base.

Por último, se representa una tabla con los ahorros de tiempo totales de la alternativa con respecto al caso base para los vehículos ligeros.

AHORROS DE TIEMPO TOTAL (MIN)	
AÑO	ALTERNATIVA
2017	0,55
2018	0,56
2019	0,58
2020	0,59
2021	0,60
2022	0,61
2023	0,62
2024	0,64
2025	0,65
2026	0,66
2027	0,82
2028	0,84
2029	0,86
2030	0,87
2031	0,89
2032	0,92
2033	0,94
2034	0,97
2035	0,99
2036	1,01
2037	1,04
2038	1,07
2039	1,10
2040	1,13
2041	1,17



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



2042	1,20
2043	1,24
2044	1,28
2045	1,32
2046	1,37
2047	1,42

En esta tabla queda claro la tendencia al crecimiento del tiempo de ahorro en los vehículos ligeros que se proporciona a través de la ampliación del tercer carril.

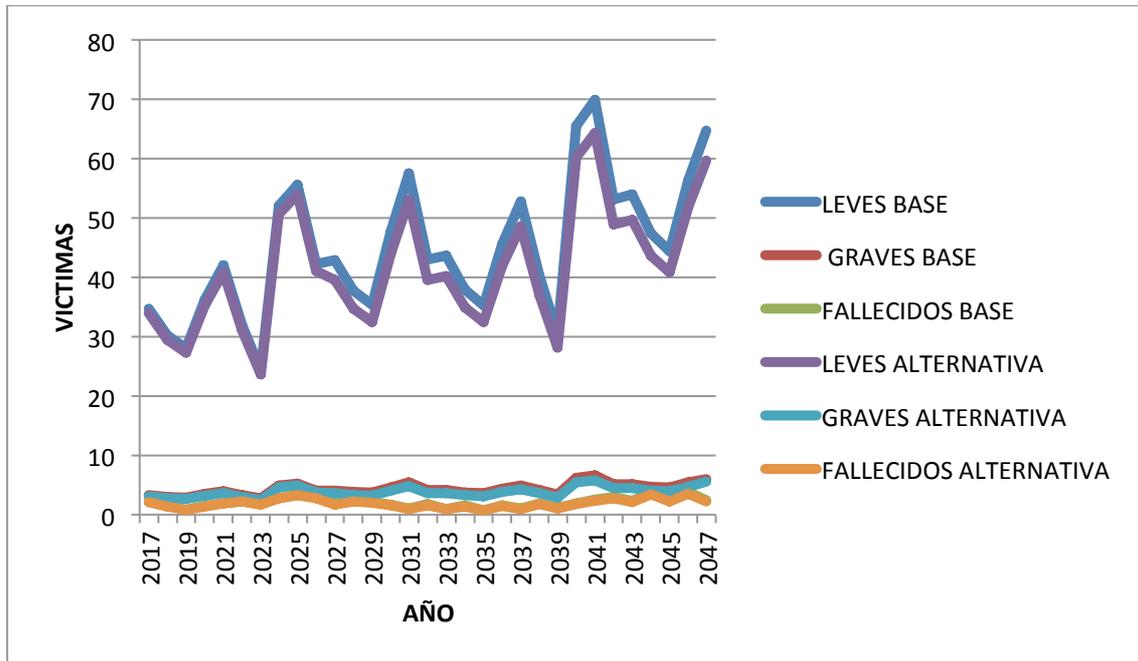
Seguridad vial

La seguridad vial es otro de los parámetros que, a pesar de su dificultad de contabilizar económicamente, tendrá un gran impacto en los beneficios sociales o de lo contrario costes sociales.

En el correspondiente anejo se ha calculado el número de víctimas mortales, de herido graves y de heridos leves para la alternativa y se ha realizado una evolución económica para los años de la evaluación, es decir, el coste social que supondría un herido leve, grave o accidente mortal.

Esto se realizado multiplicando el coste de accidente con heridos leves y graves por el número de heridos leves y graves respectivamente, y el coste de accidente mortal por las víctimas mortales para posteriormente sumarlo.

A continuación, se observa la relación de víctimas en accidentes para el caso base y la alternativa. Diferenciando entre heridos leves, graves y fallecidos.



A simple vista, asusta la elevada suma de heridos como consecuencia del aumento de tráfico y velocidades. No son resultados exponenciales debido a que se sigue una evolución a partir de un estudio de la accidentalidad. La diferencia entre los heridos leves en el caso base y la alternativa existen pequeñas diferencias, lo mismo ocurre con los heridos graves. Aun así, comparando los flujos obtendremos beneficios sobre el caso base, puesto que uno de los objetivos del proyecto de ampliación es también ganar en seguridad vial.



CÁLCULO DE LOS IMPACTOS SOBRE LAS EXTERNALIDADES

En los resultados de los impactos sobre las externalidades, en el Anejo 5: Cálculo de los impactos sobre las externalidades, se especificará el procedimiento seguido para la obtención de dichos resultados. Se analizarán los impactos sobre el ruido y contaminación atmosférica.

Ruido

En la siguiente tabla se representan los resultados de los flujos de costes y beneficios relacionados con el ruido para el tramo indicado.

- Caso Base

AÑO	V-21			
	TRAMO A			
	Lm	Dv	Lr	Valoración
2016	58,00508033	8,92	65,64	99
2017	57,97560751	8,92	65,62	99
2018	57,94550451	8,92	65,59	99
2019	57,91475333	8,92	65,55	99
2020	57,88333528	8,92	65,52	99
2021	57,85123087	8,92	65,49	99
2022	57,81841986	8,92	65,46	99
2023	57,78488115	8,92	65,42	99
2024	57,75059278	8,92	65,39	99
2025	57,71553184	8,92	65,36	99
2026	57,67967446	8,92	65,32	99
2027	57,6429957	8,92	65,28	99
2028	57,60546955	8,92	65,25	99
2029	57,56706881	8,92	65,21	99
2030	57,52776507	8,92	65,17	99
2031	57,48752857	8,92	65,13	99
2032	57,4463282	8,92	65,09	99
2033	57,40413134	8,92	65,04	99
2034	57,3609038	8,92	65,00	99
2035	57,31660971	8,92	64,96	92
2036	57,27121142	8,92	64,91	92
2037	57,22466935	8,92	64,86	92
2038	57,17694189	8,92	64,82	92
2039	57,12798524	8,92	64,77	92
2040	57,07775328	8,92	64,72	92
2041	57,02619734	8,92	64,67	92



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*

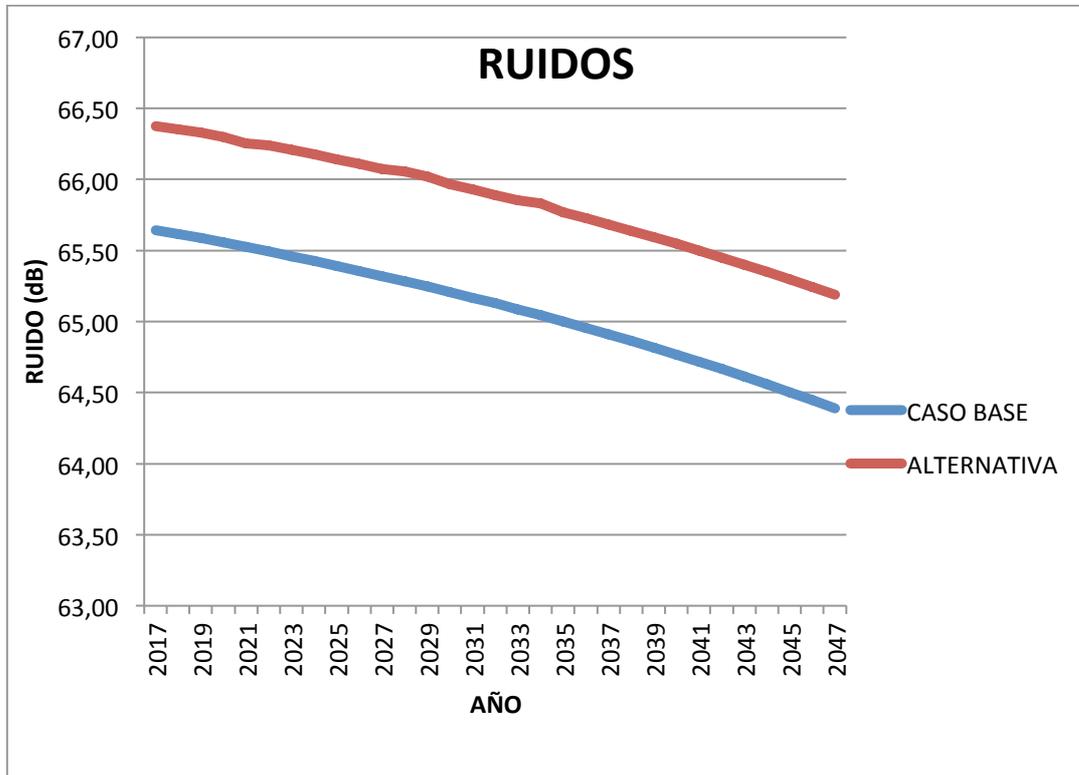


2042	56,97326609	8,92	64,61	92
2043	56,91890529	8,92	64,56	92
2044	56,86305758	8,92	64,50	92
2045	56,80566225	8,92	64,45	92
2046	56,74665495	8,92	64,39	92

- Alternativa

AÑO	V-21			
	TRAMO A			
	Lm	Dv	Lr	Valoración
2016	57,70098623	9,95	66,37	105
2017	57,6788158	9,95	66,35	105
2018	57,65629857	9,95	66,33	105
2019	57,62683588	9,95	66,30	105
2020	57,58042616	9,95	66,25	105
2021	57,56596582	9,95	66,24	105
2022	57,53456379	9,95	66,21	105
2023	57,50245019	9,95	66,17	105
2024	57,46964124	9,95	66,14	105
2025	57,43609226	9,95	66,11	105
2026	57,4018188	9,95	66,07	105
2027	57,38538631	9,95	66,06	105
2028	57,34776992	9,95	66,02	105
2029	57,29424324	9,95	65,97	99
2030	57,25668792	9,95	65,93	99
2031	57,21828951	9,95	65,89	99
2032	57,17899586	9,95	65,85	99
2033	57,16016201	9,95	65,83	99
2034	57,09753703	9,95	65,77	99
2035	57,05535771	9,95	65,73	99
2036	57,0121228	9,95	65,68	99
2037	56,96783878	9,95	65,64	99
2038	56,92244324	9,95	65,59	99
2039	56,87590151	9,95	65,55	99
2040	56,82817441	9,95	65,50	99
2041	56,77921814	9,95	65,45	99
2042	56,72898656	9,95	65,40	99
2043	56,67743102	9,95	65,35	99
2044	56,62450018	9,95	65,30	99
2045	56,57013981	9,95	65,24	99
2046	56,51429255	9,95	65,19	99

Se representan los resultados de los impactos del ruido para el tramos A en la siguiente gráfica:



Podemos observar que en este caso la alternativa producirá costes sobre el caso base. Esto se debe a que la velocidad media de los vehículos crece con la ampliación de un tercer carril y por lo tanto también los niveles sonoros, pero las diferencias son escasas y se consideran como flujo nulo.

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Contaminación del aire

En este caso se debe señalar que las emisiones de gases están relacionadas con el consumo de combustible. Sin embargo, hemos considerado que el núcleo de población no se verá afectado por la contaminación de este trayecto y por lo tanto, el flujo de costes y beneficios se considera nulo.



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



Cambio climático

En este caso los gases (CH₄, CO₂ y NO₂) no dependen de si afecta un núcleo urbano o no, sino que de cómo afectan a nuestro planeta en general y de que manera contribuyen al llamado cambio climático.

A continuación, se representan unas tablas con el impacto de estos gases medidos en (gr/tramo/año).

Para el Caso Base tenemos:

TRAMO A		
CO2	CH4	N2O
7168347,37	342,09	212,29
7271571,57	347,02	215,35
7376282,20	352,02	218,45
7482500,66	357,09	221,59
7590248,67	362,23	224,79
7699548,25	367,44	228,02
7810421,75	372,73	231,31
7922891,82	378,10	234,64
8036981,46	383,55	238,02
8152714,00	389,07	241,44
8270113,08	394,67	244,92
8389202,71	400,36	248,45
8510007,23	406,12	252,02
8632551,33	411,97	255,65
8756860,07	417,90	259,33
8882958,85	423,92	263,07
9010873,46	430,02	266,86
9140630,04	436,22	270,70
9272255,11	442,50	274,60
9405775,58	448,87	278,55
9541218,75	455,33	282,56
9678612,30	461,89	286,63
9817984,32	468,54	290,76
9959363,29	475,29	294,95
10102778,13	482,13	299,19
10248258,13	489,08	303,50
10395833,05	496,12	307,87
10545533,04	503,26	312,31
10697388,72	510,51	316,80
10851431,12	517,86	321,37
11007691,73	525,32	325,99



Análisis coste-beneficio de las obras de ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en los TM de Alboraya y Valencia



Para la alternativa:

TRAMO A		
CO2	CH4	N2O
6875233,34	331,64	203,03
6952236,12	335,36	205,30
7030042,05	339,11	207,60
7131239,96	343,99	210,59
7289261,30	351,61	215,25
7338153,54	353,97	216,70
7443768,82	359,07	219,82
7550990,41	364,24	222,98
7659717,93	369,48	226,19
7770051,76	374,81	229,45
7881891,51	380,20	232,75
7935201,12	382,77	234,33
8056477,98	388,62	237,91
8227249,45	396,86	242,95
8345815,66	402,58	246,45
8465988,17	408,38	250,00
8587867,40	414,25	253,60
8645895,57	417,05	255,31
8837047,17	426,27	260,96
8964247,32	432,41	264,72
9093354,97	438,64	268,53
9224269,73	444,95	272,39
9357091,98	451,36	276,32
28475502,32	1373,58	840,89
28885549,55	1393,36	853,00
29301501,47	1413,42	865,28
29723443,09	1433,77	877,74
30151460,67	1454,42	890,38
30585641,70	1475,36	903,20
31026074,94	1496,61	916,21
31472850,42	1518,16	929,40



OBTENCION DE LOS INDICADORES (VAN, B/C)

Para finalizar con el análisis y poder comprobar si la ampliación de la autovía V-21, del tramo estudiado, nos aportará beneficios sociales o de lo contrario costes sociales.

Para ello y siguiendo las recomendaciones del Ministerio de Fomento para la evaluación de proyectos los indicadores de rentabilidad económica a utilizar, una vez calculados los flujos, son:

Los que dependen de la tasa de descuento:

- VAN: valor actual neto.
- B/C: relación beneficio-coste.
- P.R.I.: periodo de recuperación de la inversión.

Los que son independientes de la tasa de descuento:

- TIR: tasa interna de retorno.

VAN (VALOR ACTUAL NETO)

Recordemos que es la herramienta mas empleada en el análisis coste-beneficio y que consiste en descontar los flujos de beneficios y costes hasta un periodo común de referencia, normalmente para (t=0).

La fórmula del valor actual neto:

$$VAN = \sum_{t=0}^t \frac{ABS_t}{(1 + t)^t}$$

Donde:

ABS: representa el cambio en el bienestar social (beneficios sociales menos costes sociales) cada año t.



Análisis coste-beneficio de las obras de ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en los TM de Alboraya y Valencia



I: este parámetro representa la tasa de descuento (constante para todos los años). Para este tipo de proyectos como ya mencionado es preferible utilizar una tasa de descuento del 6%.

VAN positivos indican que invirtiendo en el proyecto la sociedad obtendrá un beneficio social superior al que habría destinado invirtiendo para otros fines, por lo que es aconsejable llevar a cabo el proyecto.

VAN TOTAL	12.265.299,20 €
IMPACTOS SOBRE LA ORGANIZACIÓN	COSTES DE INVERSIÓN: -31.361.102,89 € COSTES DE MANTENIMIENTO: -4.700.332,5 €
IMPACTOS SOBRE LOS USUARIOS	OPERACIÓN DE LOS VEHICULOS: -4,10 € AHORROS DE TIEMPO: 46.331.109,62 € SEGURIDAD VIAL: 1.995.629,07 €
IMPACTOS SOBRE LAS EXTERNALIDADES	0 €

A la vista de los resultados comprobamos que la alternativa nos proporciona un VAN positivo, lo que significa que invirtiendo la sociedad unos recursos se obtienen mayores beneficios sociales que empleando esos recursos a otro fin o de otra forma. Por lo tanto es aconsejable llevar a cabo el proyecto.

Relación beneficio/coste (B/C)

Es la relación entre el beneficio actual neto (BAN) y el coste actual neto (CAN), que son las sumas de los beneficio y costes generados de cada año actualizados hasta al año base por la tasa de descuento.

$$B/C = \frac{BAN}{CAN}$$

- Beneficio Actual Neto (BAN):

AHORRO EN TIEMPO	46.331.109,62 €
SEGURIDAD VIAL	1.995.629,07 €
BAN	48.326.738,69 €



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



- Coste Actual Neto (CAN):

COSTES DE INVERSIÓN	31.361.102,89 €
COSTES DE MANTENIMIENTO	4.700.332,49 €
COSTES DE OPERACIÓN	4,10 €
CAN	36.061.439,48 €

- La relación Beneficio/ Coste (B/C):

BAN	48.326.738,69 €
CAN	36.061.439,48 €
B/C	1,340122

El valor es adimensional y representa el rendimiento por cada euro invertido. Valores superiores a 1 suponen que la alternativa resulta beneficiosa.

Periodo de recuperación de la inversión (P.R.I.)

Se define como el tiempo transcurrido tras el cual se considera que se recupera la inversión inicial. Es el tiempo transcurrido desde el inicio de la evaluación del proyecto para el cual la suma de beneficios actualizados es igual a la de los costes actualizados hasta el momento. Se establece que la inversión es beneficiosa cuando la recuperación se produzca dentro del periodo de evaluación (30 años). En nuestro caso se recupera la inversión antes de los 30 años, además se obtienen beneficios.



ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Como ya se ha mencionado antes, para incorporar la incertidumbre es necesario realizar un análisis de sensibilidad.

Existe la posibilidad de que los resultados del análisis varíen al modificar ciertas variables y parámetros. Se trata de repetir el análisis con distintos valores, analizando cómo varían en VAN.

En primer lugar, se seleccionan las variables y parámetros críticos del modelo, es decir, aquellos cuyas variaciones tienen un efecto más pronunciado sobre el VAN.

Como ya se han obtenido los resultados finales, se puede saber que parámetros pueden afectar de una forma más severa al VAN.

De todas formas, hay tres apartados que se incluyen en el análisis independientemente de los resultados que contribuyen al VAN. Estos son: los costes de inversión, la demanda de la infraestructura y la tasa de descuento.

Entonces se trata de crear unos escenarios variando los valores actuales y analizándolos desde valores mínimos hasta los máximos:

Variable	Valor mínimo	Valor máximo
Costes de inversión	+22% del valor estimado	
Demanda de la infraestructura	-20% del valor estimado	+20% del valor estimado
Tasa de descuento	4%	8%
Ahorro de tiempo	-20%	+20%

ESCENARIO 1		
Tasa de descuento	6%	10.269.674,23 €
Coste de inversión	100%	
IMD	1,44%	

ESCENARIO 2		
Tasa de descuento	8%	- 14.997.168,50 €
Coste de inversión	122%	
IMD	1,00%	

ESCENARIO 3		
Tasa de descuento	4%	33.144.454,43 €
Coste de inversión	122%	
IMD	166,00%	



CONCLUSIONES

Por último, una vez ya concluido con el método análisis coste - beneficio y después de aplicarlo al caso práctico queda por evaluar si es conveniente o no llevar a cabo la ampliación a un tercer carril de la V-21.

En este caso la decisión ya ha sido tomada, puesto que se están ejecutando las obras actualmente. Los resultados del análisis han salido todos favorables para que se crea conveniente invertir unos recursos en la infraestructura. Los beneficios en este caso son superiores a los costes sociales y es aconsejable invertir unos recursos para este proyecto.

Se debe tener en cuenta que ha sido necesario recurrir a modelos simplificados y datos provenientes de diversos estudios generales ya que no siempre se dispone de suficiente información. Sin embargo, se puede afirmar que el método ofrece resultados sólidos y coherentes respondiendo siempre a la lógica y con interpretaciones muy sencillas.

En definitiva, es una herramienta muy útil para la toma de decisiones, cuando se dispone de diferentes alternativas siendo posible identificar la que resulte más beneficiosa para la sociedad.

Resulta muy sensato hacerse a uno mismo una serie de preguntas antes de llevar a cabo cualquier actuación:

- ¿Es rentable la actuación?
- ¿Se están administrando bien los recursos?
- ¿Qué alternativa resulta más beneficiosa para la sociedad?
- ¿Se debe llevar a cabo el proyecto?

Para contestar a estas preguntas es necesario recurrir al análisis coste-beneficio o cualquier otro método de evaluación de proyectos, de forma que cada individuo pueda saber en qué se están invirtiendo sus recursos.



BIBLIOGRAFÍA

Anuario estadístico 2016. Ministerio de Fomento. Dirección General de Programación Económica y Presupuestos.

Análisis Coste Beneficio De Un Proyecto De Inversión En Infraestructuras De Carreteras. C. Romeo-Hernández, M. (1999).

Análisis Coste-Beneficio en infraestructuras de transporte. Tirado, D. J. J. C. (2012).

Análisis Coste-Beneficio y Coste Eficiencia del Gasto Público. Prieto, D.D.C. (2010).

Banco Interamericano de Desarrollo (2006): Manual de evaluación económica de proyectos de transporte.

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Evaluación Económica De Proyectos De Transporte.

Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana – evolución de la accidentalidad en Red de la Generalitat Valenciana.

Cost 341 (2005): Fauna y tráfico. Manual europeo para la identificación de conflictos y diseño de soluciones.

Department For Transport (Dft). Economic Assessment of Road Shcemes. The COBA Manual.

Departamento de Transporte (UPV). Apuntes temario de transporte, Bloques I. Ingeniería de tráfico – 4 Curso (ing. Obras Públicas). Prof. M. L. Porta

Dirección general de tráfico (DGT): Tablas estadísticas de accidentes con víctimas, fallecidos, heridos graves y leves.

Estudio financiado por la Dirección General de Tráfico. El valor monetario de una vida estadística en España. Estimación en el contexto de los accidentes de tráfico.

Estudio financiado por la Dirección General de Tráfico. El valor de una víctima no mortal y del año de vida ajustado por la calidad en España. Estimación en el contexto de accidentes de tráfico.

Explaining road transport emissions. A non- technical guide guide. Eea.

Evaluación de Proyecto: Apuntes de ACB en infraestructuras de transporte. D. Juan José Clemente Tirado.



*Análisis coste-beneficio de las obras de
ampliación a tres carriles de la autovía V-21, en
los TM de Alboraya y Valencia*



Fomento, M. De. (2010). Evaluación Económica De Proyectos De Transportes.

Guía IVA. Estructurales, F. (2003).

HEATCO: Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment.

HEATCO: Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment. Annex E Derivation of fal-bacl values for impacts due to noise.

Instituto Nacional de Estadística (INE). www.ine.es

Maibach, M. Et al. (2008): Internationalization Measures and Policies for All eternal Cost of Transport (IMPACT).

Memoria: Proyecto de ampliación a tres carriles de la autovía V-21.

Ministerio De Agricultura, Alimentación Y Medio Ambiente (MAGRAMA): Inventario anual de Emisiones Contaminantes a la Atmosférica – Volumen 2: Análisis por actividades SNAP.

Ministerio De Economía: Tasa de descuento recomendada.

Ministerio de Fomento: Encuesta MOVILIA 2007. Disponible en: www.fomento.es

Ministerio de Fomento. Mapas de tráfico. <https://www.fomento.es/carreteras/trafico-velocidades-y-accidentes-mapa-estimacion-y-evolucion/mapas-de-trafico>

Ministerio de Fomento. Recomendación Para La Evaluación Económica, Coste – Beneficio De Estudios Y Proyectos De Carreteras. Servicio de Planeamiento.

Precios de carburantes y combustibles comparación años 2016- 2017. Ministerio de Energía, T. y A. D. (2016).

Ruido de tráfico: Carreteras. ECHAZARRETA, F. S. (2007).