



GRADO EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS

2014-2015

TRABAJO FIN DE GRADO

ANÁLISIS COSTE BENEFICIO DEL TRAMO LOS CORRALES DE BUELNA-MOLLEDO

AUTORA: LUCÍA BERCEDO GONZÁLEZ

DIRIGIDA POR PABLO COTO MILLÁN. DECANO Y CATEDRÁTICO DE LA UNIVERSIDAD.

SEPTIEMBRE DE 2015

INDICE

1. Introducción.....	4
2. Metodología análisis coste beneficio.....	5
3. Aplicación del caso práctico: Los Corrales de Buelna-Molledo.....	7
3.1. Evolución de la población.....	10
3.2. Identificación y cuantificación de los costes.....	11
3.2.1. Costes de construcción.....	11
3.2.2. Costes de contaminación.....	12
3.3. Identificación y cuantificación de los beneficios.....	15
3.3.1. Ahorros de tiempo.....	15
3.3.2. Reducción de accidentes.....	16
3.3.3. Reducción de ruido.....	18
3.4. ACB. Cálculo del VAN.....	21
3.5. Análisis de sensibilidad.....	23
4. Conclusiones.....	26
5. Referencias bibliográficas.....	27

ABSTRACT

This study will conduct a cost-benefit analysis taking into account the external costs related to the construction of the stretch Los Corrales de Buelna-Molledo located in the Meseta Highway. This dual carriageway road is the only high capacity access which connects Cantabria with both the Castilian Plateau and the center of the Iberian Peninsula. As a result, it is of great importance for the region and for its commerce and communications.

The stretch chosen for the analysis along with that of Molledo-Pesquera, presents the highest costs per kilometre of the Spanish roads. This is due to the enormous technical and environmental complexity of the route, which crosses the Cantabrian Mountains.

The methodology applied is the traditional cost benefit analysis, using the methods of NPV and IRR and considering externalities (noise, pollution, accidents and time). The techniques used to predict the demand are econometric demand models while official sources and experts have consulted to evaluate externalities.

The cost-benefit analysis is the study required by the European Union in order to undertake any investment project. In addition, it is the common criteria applied for the granting of funding for these projects by the European Union, ERDF, Structural Funds, etc. This highway is of particular interest for having such high cost per kilometre and for being a channel of communication of great importance for the economic development of the region.

Two alternatives are compared, in this case "a posteriori", determining the costs and benefits of building the new infrastructure as opposed to not building it and use the existing national highway. The social benefit or social welfare derived from the change is determined.

In addition, the evaluation of external costs is of great importance for the study of the effects, both negative and positive, derived from the construction of the motorway and which not only affects road users but also adjacent population.

1. INTRODUCCIÓN

La inversión en infraestructuras públicas ha sido históricamente uno de los principales gastos presupuestarios en los países desarrollados. La necesidad de priorizar entre las infinitas posibilidades de construcción ha hecho que se haya necesitado el desarrollo de herramientas para objetivar la toma de decisiones. Entre ellas se encuentran los análisis multicriterio y el Análisis Coste Beneficio (ACB).

En este estudio se realizará el análisis coste-beneficio teniendo en cuenta los costes externos de la construcción del tramo Los Corrales de Buelna-Molledo de la Autovía de la Meseta. Esta vía terrestre de doble calzada y sentido es el único acceso de gran capacidad que tiene Cantabria con la meseta castellana, y por extensión con el centro de la Península Ibérica, por ello es de gran importancia para la Comunidad Autónoma y para el comercio y comunicaciones de ésta.

El tramo elegido para el análisis, es junto con el tramo Molledo-Pesquera uno de los de mayor coste por kilómetro de carretera de España debido al recorrido a través de la Cordillera Cantábrica de la autovía, lo cual presenta una gran complejidad técnica y medioambiental.

La metodología a utilizar será el análisis coste-beneficio tradicional, utilizando los procedimientos de VAN y TIR, valorando las externalidades (ruido, contaminación, accidentes y tiempo). Las técnicas a utilizar para predecir la demanda serán modelos econométricos de demanda, y para valorar las externalidades la consulta de fuentes oficiales y expertos.

El análisis coste-beneficio es el estudio exigido por la Unión Europea para realizar cualquier proyecto de inversión y el criterio común para la concesión de financiación para dichos proyectos por parte de la Unión Europea, FEDER, Fondos Estructurales, etc. Esta autovía presenta un interés especial por tener los tramos más caros por kilómetro y ser una vía de comunicación de gran importancia para el desarrollo económico de la región.

Se comparan dos posibles alternativas, en este caso una "ex post", determinando los costes y beneficios de la construcción de la nueva infraestructura en contraposición de la situación "ex ante" de no llevarse a cabo el proyecto, y seguir utilizando la carretera nacional, y con ello determinar el beneficio social que supone el cambio.

Además, la evaluación de los costes externos es de gran importancia para el estudio de los efectos que supuso la construcción de la autovía, tanto los negativos, como los positivos; y los que afectan tanto a los usuarios de la misma, como los que afectan a la población adyacente.

El trabajo está organizado de la siguiente manera: en el apartado 2 se explicará la metodología a emplear, el ACB. A continuación, en el apartado 3, se aplicará la metodología al caso práctico en el que se determinarán y cuantificarán los principales costes y beneficios de la infraestructura. Se concluirá, en el apartado 4 con las principales conclusiones obtenidas en el estudio.

2. METODOLOGÍA ANÁLISIS COSTE BENEFICIO

En las actividades de transporte, las infraestructuras constituyen un papel fundamental, y por tanto la inversión que se realiza en ellas es un punto clave que condiciona los servicios de transporte, afectando a los costes, demanda, reglas de tarificación y mecanismos de regulación de las mismas.

Las inversiones de las infraestructuras de transporte pueden ser de dos tipos: Las derivadas de motivaciones de agentes privados, que buscan beneficios privados y recaen directamente sobre el agente que realiza la inversión. Y en segundo lugar, las inversiones públicas, que buscan beneficios para el conjunto de la sociedad y no sólo para los agentes directamente implicados en el proyecto.

Esta diferencia de motivación es la que distingue el análisis financiero de ingresos y gastos, de ámbito privado de la evaluación y proyectos del sector público, que debe comparar los beneficios sociales con los costes sociales.

Un análisis financiero compara solamente los flujos de ingresos monetarios, con los flujos de gastos monetarios a lo largo de un periodo determinado, que normalmente coincide con la vida del proyecto. Sin embargo, el ACB compara ingresos sociales y costes sociales. Por beneficios sociales entendemos aquellos efectos deseables para la sociedad derivados del proyecto (ahorro de tiempo con respecto anterior vial, reducción de accidentes, reducción de ruido...), y que no tienen por qué traducirse en ingresos. La diferencia entre estos ingresos y costes sociales es el beneficio social neto del proyecto.

$$BSN = -I + \frac{B_1 - C_1}{(1+r)} + \frac{B_2 - C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{B_T - C_T}{(1+r)^T}$$

Donde *BSN* es el beneficio del Proyecto, “I” son los costes de construcción, “B” son los beneficios sociales, “C” son los costes sociales y “r” es la tasa de descuento.

En nuestro caso, la construcción de esta autovía tiene como objetivo la mejora de comunicación y acceso, por lo que es importante llevar a cabo una evaluación económica del proyecto de la infraestructura desde el punto de vista de la sociedad, con la existencia de externalidades positivas y negativas. Para ello utilizaremos el análisis coste beneficio combinado con el análisis multicriterio para evaluar el proyecto.

La técnica del análisis coste beneficio realiza una evaluación social de la obra, identificando y midiendo los beneficios y costes expresando el valor del proyecto en una cifras, a través del valor actual neto.

Las etapas del ACB, en general, independientemente de que se adapten a cada caso concreto son los siguientes:

- Valoración de las distintas alternativas.
- Identificación y cuantificación de los beneficios y costes.
- Agregación de los beneficios y costes.

- Interpretación de resultados y criterios de decisión.
- Comparar el proyecto con alternativas.
- Estudio de la rentabilidad económica y viabilidad financiera.

En nuestro caso, el estudio se lleva a cabo "ex post", es decir, una vez realizada la obra, con ello se puede determinar la continuidad o no de un proyecto, o la conveniencia o no para realizar más proyectos de características similares.

La alternativa a la realización de la obra sería la no realización, y seguir utilizando la carretera nacional convencional.

En las siguientes páginas se irá desarrollando el análisis con detalle, especificando los beneficios los costes y analizando los resultados.

3. APLICACIÓN A UN CASO PRÁCTICO: TRAMO LOS CORRALES DE BUELNA – MOLLEDO

La autovía A-67 o Autovía de la Meseta, es una vía terrestre de doble calzada y sentido que comunica Cantabria con la meseta norte, es decir con Castilla y León, en concreto con la provincia de Palencia. Su recorrido atraviesa la cordillera Cantábrica, y es de vital importancia para nuestra comunidad autónoma ya que es el principal y único acceso de gran capacidad que tenemos con la meseta castellana, y por extensión con el resto de la Península Ibérica. Es muy importante para el comercio y transporte desde el Puerto de Santander y para los frecuentes desplazamientos para el resto de Cantabria que tengan que pasar por Valladolid o Madrid, centro radial de autopistas de España. Es una vía de desarrollo para nuestra comunidad y fuente de comunicación imprescindible con el resto del país.

La construcción de la parte cántabra de esta autovía fue de gran complejidad técnica y ambiental debido a la difícil orografía y paisaje y a las difíciles condiciones meteorológicas, presentando tramos de mayor coste por kilómetro de carretera de España (tramo Los Corrales de Buelna – Molledo 13.8 millones de euros y tramo Molledo –Pesquera de 14.4 millones de euros).

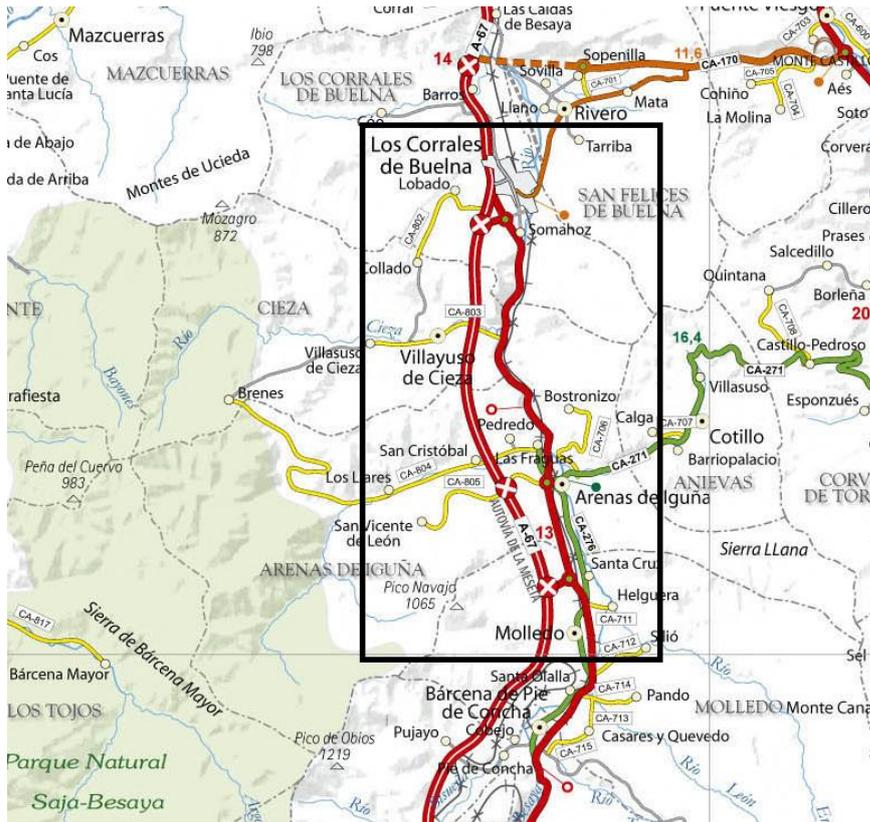
Ilustración 3.1: Mapa Autovía A-67



Fuente: Gobierno de Cantabria.

En el caso que nos ocupa hemos elegido el tramo Los Corrales de Buelna – Molledo, tramo que apenas representa una sexta parte de la Autovía de la Meseta pero que ha sido de gran dificultad técnica debido a la orografía de la zona. Para salvar dichas dificultades se han tenido que realizar dieciocho infraestructuras que desafían el medio natural, y al mismo tiempo sean respetuosas con él.

Mapa 3.2: Tramo Los Corrales - Molledo.



Fuente: Gobierno de Cantabria.

La longitud de este tramo de vía es de 10,7 kilómetros, su realización fue llevada a cabo por la empresa Sacyr y Cabosa durante los años 2002 a 2004 y cuyo coste fue de 154.433.224,95 euros (14.433.011,86 euros por kilómetro).

Es un tramo de doble calzada y sentido, con un recorrido casi paralelo a la anterior N-611, y con la que enlaza a través de dos rotondas de tipo de diamante con rotondas laterales, ubicadas en Arenas de Iguña y Sta. Cruz de Iguña, que junto con otras 4 infraestructuras para sortear el entorno: dos túneles y dos viaductos, hacen de este pequeño tramo una gran obra de ingeniería.

Una de las soluciones de ingeniería para sortear las dificultades orográficas fue la construcción de dos túneles dobles, el de Gedo y el de Pedredo. Representan el 33% del tramo, con una sección de arco de 12.82 metros, dos carriles de 3,5 metros, arcenes exteriores e interiores, aceras y resguardos. Escavados sobre el macizo natural compuesto principalmente por argilitas y areniscas, fueron ejecutados en dos fases, avance y destroza mediante el Nuevo Método Austriaco con excavación mediante perforación y voladura con jumbo robotizado.

Ilustración 3.3: Túnel de Gedo.



Fuente: Gocsa.

Otra parte del trazado serpentea a lomos de dos espectaculares viaductos, el de Cieza (240 m.) y el de Pedredo (930 m.). El primero, es un doble arco de 220 m. de longitud y 11,7 m. de anchura de tablero, 142 m. de luz de arco con 85 m. de altura en la clave. El segundo es un viaducto de tablero único, de 930 m. de longitud, proyectado como puente de viga continua de 8,1 m. de ancho, que se completa hasta los 23,8 m. y con costillas prefabricadas en las que se apoyan las losas laterales.

Ilustración 3.4: Viaducto de Cieza y Pedredo



Fuente: Google.

3.1 EVOLUCIÓN DE LA POBLACION

Para ver cómo influyen las externalidades y calcular el ACB es necesario contabilizar la población adyacente al tramo llevado a estudio. Hemos seleccionado los ayuntamientos por los que discurre este tramo de la autovía de la Meseta y llevado a cabo la siguiente tabla para calcular la población que se ve afectada por su paso.

Los ayuntamientos seleccionados son Los Corrales de Buelna, Cieza y Arenas de Iguña. Todos ellos se ven afectados o son colindantes por el paso de este tramo de la autovía en parte de su extensión.

Tabla 3.1: Población

AÑO	Los Corrales	Cieza	Arenas de Iguña	Total
1996	11.230	576	1.775	13.581
1997	11.448	583	1.811	13.842
1998	11.519	603	1.792	13.914
1999	11.623	607	1.806	14.036
2000	11.622	615	1.814	14.051
2001	11.610	614	1.837	14.061
2002	11.513	634	1.830	13.977
2003	11.223	647	1.867	13.737
2004	11.091	660	1.882	13.633
2005	10.958	664	1.897	13.519
2006	10.825	664	1.918	13.407
2007	10.872	679	1.927	13.478
2008	10.876	678	1.984	13.538
2009	10.847	692	2.014	13.553
2010	10.718	682	2.041	13.441
2011	10.657	690	2.045	13.392
2012	10.491	707	2.085	13.283
2013				0
2014	10.289	722	2.165	13.176

Fuente: INE. Elaboración propia.

3.2 IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS COSTES

En este apartado vamos a identificar y cuantificar los costes. Los asociados principalmente a una inversión de este tipo son los costes fijos, es decir, los asociados a la construcción de la infraestructura, y los costes en términos de contaminación atmosférica derivada del uso de dicha infraestructura. A continuación vamos a determinar ambos costes:

3.2.1. Costes de Construcción:

Los costes de construcción constituyen la mayor parte de los costes totales asociados a la inversión de proyectos de construcción de carreteras. En este caso en concreto además hay que tener en cuenta las dificultades orográficas de la zona. En algunos tramos casi la mitad del trazado de la autovía discurre a través de túneles y viaductos, lo cual triplicó los costes para el Ministerio de Fomento en comparación con la construcción de cualquier otra autovía.

Por otro lado la climatología adversa en los meses invernales fue causante de múltiples paréntesis en las obras debido a las nevadas, otra dificultad añadida.

La construcción de los cuatro tramos se ha llevado a cabo de los años 2002-2004, y ha sido realizada por Sacyr-Cabosa.

En todo el estudio tomaremos como año base el 2004, año en que finalizó la obra.

Los costes cuantificados una vez finalizadas las obras del tramo fueron de 84.412.929,76 euros, con un coste por kilómetro construido de 4.965.466,46 euros (según fuentes oficiales).

Ilustración 3.5: Obras túnel Gedo.



Fuente: Google.

3.2.2. Costes de contaminación atmosférica:

Los impactos ambientales relacionados con la construcción de una autovía, son aquellos que corresponden a la limpieza, nivelación, y construcción de la carretera: pérdida de la capa vegetal, exclusión de otros usos para la tierra; modificación de patrones naturales de drenaje; cambios en la elevación de las aguas subterráneas, erosión y sedimentación de ríos y lagos; degradación de vistas o destrucción de sitios culturales; e interferencia con la movilización de animales silvestres, ganado y residentes locales.

En la fase de obras de la autovía, debido al movimiento de tierras y al transporte, se produce un aumento de emisión de partículas que puede ser en parte corregido utilizando la tecnología apropiada.

Cuando la carretera entra en funcionamiento, la contaminación del aire es el principal impacto. Se produce por las emisiones de los vehículos, y los principales contaminantes son: Monóxido de carbono (CO), Hidrocarburos no quemados, Óxidos de nitrógeno, Plomo (Pb), y Dióxido de azufre (SO₂). En menor medida se emiten Partículas en Suspensión y ciertos Metales Pesados (Zn, Mn, y Fe). Según la Agencia Medioambiental Europea, se estima que en torno al 30% de las emisiones totales de estos gases a la atmósfera proceden de las actividades de transporte, llegando a representar sus costes asociados un valor del 0,4 del PIB en países desarrollados, según Ginés de Rus en su libro "Economía del Transporte".

En este caso, la contaminación como externalidad negativa se refiere a los gases emitidos con la autovía en funcionamiento, que es más importante debido a su carácter temporal, ya que las emisiones se continuarán durante toda la vida útil de la autovía.

Serán necesarios los datos siguientes para calcular el valor económico de la contaminación atmosférica: intensidad media diaria de los tramos de carretera y la intensidad media diaria prevista con la autovía; la contaminación atmosférica por vehículos y el valor económico de la contaminación atmosférica.

Para calcular la contaminación asociada a la construcción de este tramo hay que determinar la diferencia entre las emisiones estimadas tras las obras de la nueva vía con las emisiones antes de dichas obras.

Según el Protocolo de Kioto la valoración del coste de emisiones de gases contaminantes es de 7 euros por tonelada.

Las emisiones de CO₂ por vehículo, se estima que de media se encuentran en torno a los 160 gramos por kilómetro recorrido, según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo (OCDE).

El resultado de dichas estimaciones será actualizado año tras año por el aumento esperado de la demanda de carreteras. Este aumento se ha estimado suponiendo una tasa de crecimiento medio del PIB del 1,3. Respecto a la elasticidad-renta de la demanda de carreteras siguiendo a Anna Matas y José Luis Raymond (1999), para este estudio se ha utilizado una estimación obtenida en el estudio de Siguiendo "Elasticidad de la demanda en las autopistas de peaje" en la que se estima una elasticidad de la demanda de carreteras de 1,44.

Este valor económico, que en este estudio utilizamos, es el valor aportado por el INFRAS en su último estudio sobre costes externos. El INFRAS es un grupo de consultoría privado e independiente que lleva acabo análisis de políticas e servicios de implantación, tanto para empresas privadas como públicas. Esta organización ha llevado a cabo varios estudios sobre externalidades, teniendo un reconocimiento a nivel europeo y siendo de gran prestigio como institución gracias a sus estudios.

Valor Coste contaminación= (Contaminación atmosférica antes del nuevo vial – Contaminación atmosférica después de la puesta en marcha del nuevo vial) * Valor económico de la contaminación atmosférica

A continuación se presenta una tabla con los costes de construcción y contaminación distribuidos por años. Como se puede observar el coste principal es el de los costes de construcción, con una diferencia contundente respecto a los costes de contaminación, representando un 99% del coste total.

Tabla 3.2: Agregación costes.

Año	Costes fijos de construcción	Costes de contaminación
2004	154433225	
2005	0	-1000,573095
2006	0	835,1139233
2007	0	2684,856428
2008	0	4549,139945
2009	0	6428,456657
2010	0	8323,305547
2011	0	10234,19256
2012	0	12161,63075
2013	0	14106,14046
2014	0	16068,24945
2015	0	18048,49308
2016	0	20047,41449
2017	0	22065,56476
2018	0	24103,50306
2019	0	26161,79686
2020	0	28241,0221
2021	0	30341,76335
2022	0	32464,61404
2023	0	34610,17658
2024	0	36779,06263
2025	0	38971,89324
2026	0	41189,29907
2027	0	43431,9206
2028	0	45700,4083

2029	0	47995,42288
2030	0	50317,63548
2031	0	52667,72788
2032	0	55046,39277
2033	0	57454,3339
2034	0	59892,26635
2035	0	62360,91677
2036	0	64861,02361
2037	0	67393,33732
2038	0	69958,62066
2039	0	72557,64891
2040	0	75191,21012
2041	0	77860,10541
2042	0	80565,14918
2043	0	83307,16939
TOTAL	154.433.225	1.486.907,868

Elaboración Propia.

3.3. IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS BENEFICIOS

En el caso de los beneficios asociados a la inversión por la construcción de un nuevo vial se derivan en ahorros en términos de tiempo en comparación con la antigua carretera, la reducción de accidentes, y por lo tanto de siniestralidad y de heridos en comparación con la antigua N-611; y la disminución de ruido con respecto al antiguo vial.

A continuación vamos a determinar los beneficios:

3.3.1. Ahorro de tiempo. Valoración económica

En la construcción de una nueva vía siempre se producen dos tipos de beneficios en cuanto a ahorro de tiempo. En primer lugar los beneficios derivados del ahorro de tiempo de los usuarios de la antigua carretera con respecto a la nueva autovía, más rápida; y en segundo lugar, la descongestión del antiguo vial por el desvío de tráfico a la Autovía de la Meseta, y por tanto un ahorro de tiempo por la disminución del tráfico con respecto a la situación antes de la construcción.

La principal dificultad surge a la hora de cuantificar el tiempo, ya que la valoración ideal serían los costes de oportunidad, pero varía mucho según cada individuo y cada motivo de viaje. En este trabajo seguiremos la metodología empleada por Rodríguez-Dapena (1999) para valorar los ahorros de tiempo.

En este estudio vamos a tener en cuenta sólo el beneficio derivado del ahorro de tiempo con respecto al anterior vial. En concreto, se estima que el tiempo empleado por desplazamiento en el tramo de la nacional correspondiente se reducirá en unos 10 minutos. El cálculo de este beneficio se ha realizado teniendo en cuenta los datos de velocidades medias del Ministerio de Fomento y al dato anterior de Rodríguez-Dapena.

Respecto a los usuarios del nuevo vial, el beneficio que experimentarán en términos de ahorros de tiempo se derivará por las características de dicho vial, por el cual se podrá circular a una mayor velocidad en comparación con el antiguo tramo de la carretera nacional. Del mismo modo que en el caso anterior, el cálculo de dicho beneficio se realizará en base al valor del tiempo anteriormente mencionado, suponiendo una velocidad media en el nuevo tramo de unos 110 km por hora.

En la siguiente tabla se describen los anteriores datos de ahorro de tiempo con claridad:

Tabla 1.3: Ahorro de tiempo

	Longitud (Kms.)	Velocidad media	Tiempo estimado	Ahorro (min.)
Nacional antes	14	60 km/h	0.23	
Autovía	10,7	110 km/h	0.097	8.16
Nacional después	14	70 km/h	0.20	2
Valor del tiempo	10,12104384	10,12104384	10,12104384	10,12104384

Fuente: Mº de Fomento, Elaboración Propia.

Y en la siguiente tabla se muestra la intensidad media diaria antes y después de la construcción de la autovía.

Tabla 3.4: Intensidad Media Diaria.

IMD	Antes	Después
Nacional	11.041,10	4.416,44
Autovía	0	8.280,82

Fuente: Mº de Fomento, Elaboración propia.

Valor económico Ahorro de tiempo: (Tiempo N-611 antes – Tiempo nuevo vial) * IMD A-67 * Valor del tiempo.

3.3.2. Reducción de accidentes. Valoración económica.

Los accidentes de tráfico son una de las principales causas de muerte a nivel mundial, cada día fallecen alrededor de 3.500 personas en las carreteras y 100.000 resultan heridas, con 1,3 millones de personas fallecidos cada año, según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

La construcción de una autovía conlleva unos beneficios por la reducción de heridos y víctimas mortales de accidentes. En la última década, en España se ha conseguido reducir el número de muertos en accidentes de tráfico más del 50%, desde las 5.517 víctimas mortales de 2001 hasta los 1.131 fallecidos en 2014.

El problema surge a la hora de valorar económicamente la vida de las personas. Al igual que en ciertos trabajos peligrosos, se aceptan pagos en contraprestación, valorando de manera implícita la pérdida de una vida nos basaremos en esta justificación para incluir este aspecto en el análisis coste-beneficio.

Según el Ministerio de Fomento, la reducción de heridos derivada de la construcción de una autovía con respecto a una carretera convencional, se encuentra en torno al 80% de los heridos actuales. Para la valoración de dicha reducción de heridos se utiliza el valor facilitado por la Asociación Española de Carreteras, estimando el coste por herido en 13.750 euros.

Respecto a las víctimas mortales de accidentes se sabe que en Cantabria en el año 2011, la mitad se produjeron en autovías, siendo el sábado la peor jornada, y la A-67 la carretera más peligrosa. Tomaremos 1,7 como dato medio de víctimas mortales por la sustitución de una carretera convencional por una autovía y tasaremos el valor de la vida humana en 1,5 millones de euros (dato de la OCDE, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) para calcular el beneficio social.

En la tabla que se presenta a continuación se muestran los datos de las víctimas mortales y heridos graves a causa de accidentes de tráfico en España en los últimos años. Al ver las cifras, se puede comprobar que los accidentes y heridos se han reducido de manera contundente, lo cual es debido en gran medida, a la evolución de la red de carreteras del país. En este caso en concreto, la construcción de esta autovía supone un gran beneficio para los usuarios debido al gran peligro que suponía la anterior carretera, por ejemplo en tramos de gran siniestralidad como eran las "Hoces de Bárcena".

Tabla 3.5: Víctimas accidentes tráfico España.

Año	Víctimas mortales	% Diferencia	Heridos Graves	% Diferencia
1993	6.378	---	36.828	---
1994	5.615	-11.96	33.991	-7.70
1995	5.751	2.42	35.599	4.73
1996	5.483	-4.66	33.899	-4.77
1997	5.604	2.21	33.915	0.04
1998	5.957	6.30	34.664	2.21
1999	5.738	-3.67	31.883	-8.02
2000	5.776	0.66	27.764	-12.92
2001	5.517	-4.48	26.566	-4.31
2002	5.347	-3.08	26.156	-1.54
2003	5.399	0.97	26.305	0.57

2004	4.741	-12.19	21.805	-17.11
2005	4.442	-6.31	21.859	0.25
2006	4.104	-7.61	21.382	-2.18
2007	3.823	-6.85	19.295	-9.76
2008	3.100	-18.91	16.488	-14.55
2009	2.714	-12.45	13.923	-15.56
2010	2.478	-8.69	11.995	-13.84
2011	2.060	-16.87	11.347	-5.40
2012	1.903	-7.62	10.444	-7.96
2013	1.680	-11.72	10.086	-3.43

Fuente: Dirección Gral. de Tráfico, Elaboración Propia.

Valor económico reducción de heridos = reducción de heridos * coste de los heridos
Valor económico reducción de víctimas mortales = reducción de víctimas * coste vida humana

3.3.3. Reducción del ruido. Valoración económica.

Uno de los principales problemas ambientales en Europa en los últimos años es la contaminación acústica; es decir, el exceso de ruido ligado al crecimiento económico. El exceso de ruido tiene consecuencias fisiológicas en las personas que lo sufren, como distorsión del sueño, dolores de cabeza; y otras psicológicas, como la ansiedad y el nerviosismo.

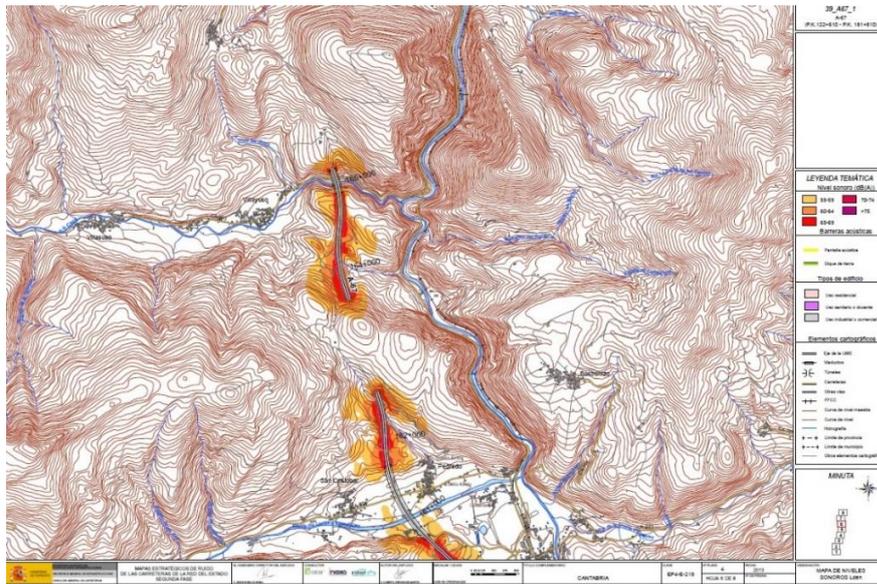
En este estudio se determinan los niveles acústicos y la interacción del ruido originados por esta infraestructura, con la población afectada según datos del INFRAS.

En el análisis de datos de los niveles de ruido, tanto iniciales como previstos, se observa que no se superan los niveles máximos permitidos. En este caso gracias a la presencia de pantallas acústicas, al pavimento fonoabsorbente y las señales reducción de velocidad en ciertos tramos, y en ciertas zonas gracias a la lejanía de la nueva autovía a la población en comparación con la antigua N-611.

Se reducirán unos 8,11 decibelios de media en los pueblos afectados y tomaremos como valor económico del ruido 21,6 euros de media, según estudios del INFRAS. El beneficio irá reduciéndose a medida que el tráfico vaya aumentando a lo largo de los años.

A continuación una muestra de un mapa sonoro de la zona de Los Corrales de Buelna que mide por colores el nivel de ruido:

Ilustración 3.6: Mapa estratégico del ruido.



Fuente: INFRAS

Valor económico de reducción de ruido = reducción de niveles de ruido * valoración económica del ruido * población afectada

A continuación, en la tabla 5, podemos observar la agregación de los beneficios calculados mediante la metodología explicada con anterioridad.

Tabla 3.6: Agregación beneficios.

Año	Valor Ahorro tiempo autovía	Valor Ahorro tiempo nacional	Valor reducción accidentes	Valor reducción muertos	Valor reducción ruido
2004					
2005	4040980,847	527997,4974	344120,8198	2475728,155	2496266,759
2006	3996726,221	522215,1559	334097,8833	2403619,568	2449536,645
2007	3952956,249	516496,1394	324366,877	2333611,231	2403681,319
2008	3909665,621	510839,7545	314919,2981	2265641,972	2358684,405
2009	3866849,089	505245,3153	305746,8914	2199652,4	2314529,833
2010	3824501,46	499712,1433	296841,6421	2135584,855	2271201,834
2011	3782617,599	494239,5676	288195,769	2073383,354	2228684,936
2012	3741192,428	488826,9245	279801,7175	2012993,548	2186963,954
2013	3700220,923	483473,5578	271652,1529	1954362,667	2146023,989
2014	3659698,115	478178,8183	263739,9543	1897439,483	2105850,42
2015	3619619,091	472942,0638	256058,208	1842174,255	2066428,9
2016	3579978,991	467762,6595	248600,202	1788518,694	2027745,351

2017	3540773,007	462639,9772	241359,4194	1736425,917	1989785,958
2018	3501996,386	457573,3957	234329,5334	1685850,405	1952537,165
2019	3463644,426	452562,3006	227504,4014	1636747,966	1915985,669
2020	3425712,475	447606,0844	220878,0596	1589075,695	1880118,417
2021	3388195,935	442704,1459	214444,718	1542791,937	1844922,6
2022	3351090,255	437855,8908	208198,7554	1497856,249	1810385,649
2023	3314390,936	433060,7311	202134,7139	1454229,368	1776495,23
2024	3278093,529	428318,0854	196247,2951	1411873,173	1743239,239
2025	3242193,631	423627,3786	190531,3545	1370750,654	1710605,801
2026	3206686,889	418988,0419	184981,8975	1330825,877	1678583,26
2027	3171568,997	414399,5127	179594,0753	1292063,958	1647160,182
2028	3136835,698	409861,2345	174363,1799	1254431,028	1616325,343
2029	3102482,779	405372,6571	169284,6407	1217894,202	1586067,733
2030	3068506,074	400933,2362	164354,0201	1182421,555	1556376,545
2031	3034901,464	396542,4333	159567,0098	1147982,092	1527241,176
2032	3001664,873	392199,7162	154919,427	1114545,721	1498651,221
2033	2968792,272	387904,5581	150407,2106	1082083,224	1470596,47
2034	2936279,673	383656,4383	146026,4181	1050566,237	1443066,904
2035	2904123,134	379454,8416	141773,2215	1019967,22	1416052,692
2036	2872318,757	375299,2585	137643,9043	990259,437	1389544,185
2037	2840862,683	371189,1851	133634,8586	961416,9292	1363531,918
2038	2809751,1	367124,1229	129742,5811	933414,4943	1338006,601
2039	2778980,233	363103,5791	125963,671	906227,6644	1312959,117
2040	2748546,353	359127,0661	122294,8262	879832,6839	1288380,522
2041	2718445,767	355194,1018	118732,841	854206,4892	1264262,039
2042	2688674,827	351304,2091	115274,6029	829326,6886	1240595,054
2043	2659229,922	347456,9164	111917,0902	805171,5423	1217371,114
TOTAL	112929419,8	14755440,15	6766740,263	48682347,66	69534446,15

Elaboración propia.

3.4 ANALISIS COSTE BENEFICIO. CALCULO DEL VAN

Como se ha explicado en el apartado 2 de metodología ACB, una de las variables más importante a la hora de calcular la rentabilidad económico-social de la inversión en una infraestructura es la tasa social de descuento.

La tasa social de descuento se utiliza para medir el coste que se derive de emplear capital en una inversión para la sociedad y es empleada para actualizar los beneficios y costes futuros de un proyecto de inversión, haciendo posible la comparación de los valores presentes de dichos costes y beneficios.

Esto es debido a que los flujos de beneficios y costes, expresados en términos monetarios no pueden sumarse sin considerar en que momento del proyecto se producen, porque una unidad monetaria situada en distintos momentos en el tiempo tiene un valor diferente para los individuos.

Durante la década de los noventa se utilizó una tasa de descuento de un 6% en proyectos de infraestructuras de transporte según lo recomendado por los Manuales de evaluación para este tipo de estudios. Pero, desde la incorporación de la economía española en la Unión Económica y Monetaria, de expectativas favorables se redujo en una consolidación de bajos tipos de interés menores al 3%. Por tanto, nuestra elección para este proyecto es del 3% para la tasa de descuento social con un término medio entre ambos niveles.

Aun así, posteriormente realizaremos un análisis de sensibilidad con tasas menores y mayores.

Una vez se han determinado los principales costes y beneficios de la construcción de la infraestructura, vamos a calcular su rentabilidad mediante el cálculo del Van y del TIR.

El **Valor Actual Neto** permite calcular el valor presente de unos futuros flujos de caja. Su cálculo representa una herramienta principal para la evaluación de proyectos, así como la administración financiera.

$$VAN= \text{Beneficios totales actualizados} - \text{Costes totales actualizados}$$

La **Tasa Interna de Rentabilidad** es una herramienta de toma de decisiones de inversión para comparar la factibilidad de diferentes opciones de inversión. Aquella que tenga una TIR más alta será considerada como preferible.

Tabla 3.7: Costes y beneficios actualizados.

Costes Actualizados	%	Beneficios Actualizados	%
Construcción: 154.433.225 €	99,04	Ahorro de tiempo: 127.684.859,9 €	50.53
Contaminación: 1.486.907,9 €	0,95	Reducción de accidentes: 6.766.740,2 €	2.68
		Reducción muertos: 48.682.347,6 €	19.27
		Reducción ruido: 69.534.446,26 €	27.52
TOTAL: 155.920.132,8 €	100	TOTAL: 252.668.393,9 €	100

Elaboración propia.

Tabla 3.8: VAN y TIR.

VAN	96.748.261,18
TIR	0.0618

Elaboración propia

En relación a los costes, podemos observar como el gran peso proviene de los costes de construcción del nuevo vial, con un contundente 99% del peso total de los costes. En relación a los beneficios, la mitad de ello proviene del ahorro de tiempo con respecto de la antigua carretera; y en segundo lugar, pero con mucho menor porcentaje estaría la reducción de ruido.

El obtenido es VAN positivo, lo que quiere decir que la inversión en este proyecto es algo positivo para Cantabria, tanto por los beneficios económicos como por los sociales que supone una construcción de dichas características.

El TIR es también positivo, algo superior a la tasa de descuento utilizada, por lo tanto el resultado es favorable para el proyecto e indica que es rentable.

3.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad mide el grado de elasticidad de la rentabilidad de un proyecto ante variaciones de los parámetros críticos del mismo. Es decir, la rentabilidad de un proyecto puede sufrir variaciones como consecuencia de un cambio determinado.

El objeto del análisis es la selección de variables y parámetros críticos para el modelo, aquellos cuyas variaciones, positivas o negativas, frente al valor utilizado como estimación óptima, tienen el efecto más pronunciado sobre el VAN.

A continuación, iremos viendo cómo afectan al VAN los cambios en distintos valores:

3.5.1. Cambio en el valor de la tasa de descuento social.

El primer cambio que vamos a realizar es la variación de la tasa de descuento social. La tasa elegida para el estudio fue de un 3%, una tasa razonable en estos momentos, pero vamos a ver qué ocurriría si esta tasa variase.

El cuadro siguiente muestra que el proyecto tiene cierta sensibilidad a la tasa de descuento, lo cual es lógico ya que los beneficios derivados de los ahorros de tiempo dependen de dicha tasa de crecimiento medio. No obstante, todos los distintos resultados confirman lo obtenido anteriormente, un valor del VAN positivo.

A menor tasa de descuento empleada, mayor es el beneficio. Esto se debe, a la inmediatez de los costes, y que los beneficios están distribuidos a lo largo del tiempo. Las tasas de descuento mayores hacen que se valore más lo más inmediato.

Tabla 3.9: Análisis de Sensibilidad, cambio en la Tasa de Dto. Social

Tasa Social %	VAN
4.00%	65.166.161,03
3.5%	79.950.955,79
3%	96.748.261,18
2.5%	115.877.317,10
2%	137.714.084,10

Elaboración Propia.

3.5.2. Cambio en el valor del PIB

Dada la incertidumbre propia de la situación económica actual, podemos realizar un análisis respecto a la tasa de variación media del PIB y así poder comparar los resultados en los posibles escenarios futuros. Nuestro PIB elegido para el estudio es de 1,3. Se puede observar que los cambios son significativos ante cambios en el PIB.

Tabla 3.10: Análisis de Sensibilidad, cambios en el PIB.

PIB	VAN
2	127.840.442,11
1.5	104.948.322,53
1.3	96.748.261,18
1	85.361.732,13
0.5	68.560.096,54
0	5.410.784,72

Elaboración propia.

3.5.3. Cambio en el valor del valor económico de la contaminación atmosférica.

En este estudio se ha utilizado el valor de contaminación atmosférica de 7euros, y vamos a realizar un análisis de sensibilidad ante cambios en esta variable. Aumentaremos y disminuirémos su valor, utilizando 15 y 5 respectivamente.

Vemos que los costes varían bastante, pero no suponen un gran cambio para el VAN respecto al valor inicial.

Tabla 3.11: Análisis de Sensibilidad, cambio en valor emisiones CO2.

Valor emisiones CO2	Costes Contaminación	VAN
5 €	1.062.077,05	97.173.092,10
7 €	1.486.907,87	96.748.261,18
15 €	3.186.231,15	95.048.937,90

Elaboración propia.

3.5.4. Cambio en la valoración económica de los fallecimientos en accidentes de tráfico.

En el caso del valor en términos económicos de las víctimas mortales en accidentes de tráfico, nosotros tomamos como medida 1.5 millones de euros, dato de estudio señalado por la Dirección General de Tráfico. Vemos a continuación los cambios que suponen en el VAN subiendo o bajando dicha cifra. No son cambios demasiado significativos.

Tabla 3.12: Análisis de Sensibilidad, cambio en la valoración económica de fallecidos.

Valor económica fallecimiento	VAN
1.000.000 €	80.520.811,95
1.500.000 €	96.748.261,18
2.000.000 €	112.975.710,40

Elaboración propia

3.5.5. Cambio en la valoración económica del ruido.

A la hora de estudiar los beneficios por la reducción de emisiones acústicas gracias al nuevo vial tomamos como valoración económica 21,6 euros, dato tomado de estudios del INFRAS. Veamos cómo reacciona el VAN ante cambios aumentando o reduciendo esa cantidad. No son cambios demasiado significativos.

Tabla 3.13: Análisis de Sensibilidad, cambios en el valor económico del ruido.

Valor del ruido	VAN
25	107.693.498,10
21.6	96.748.261,18
15	75.501.624,85

Elaboración propia

4. CONCLUSIONES

En este estudio se ha llevado a cabo el Análisis Coste-beneficio del tramo de la autovía A-67 que une Los Corrales de Buelna con Molledo. Este tramo forma parte de las obras llevadas a cabo para unir la capital cántabra con el límite provincial palentino

Para realizar el análisis financiero se ha utilizado la técnica de Análisis Coste Beneficio, que frente a los análisis tradicionales compara, además de los flujos monetarios, los beneficios y costes sociales de todos los agentes afectados por la inversión (tanto usuarios, como resto de la sociedad) mediante externalidades varias. Los costes monetarios son básicamente los de construcción y normalmente coinciden con el periodo de vida del proyecto. Respecto a los beneficios sociales destacan los costes de contaminación y beneficios derivados del ahorro de tiempo, la disminución de accidentes y de víctimas mortales en dicho tramo y los beneficios por la disminución de ruido con respecto al antiguo vial. Como externalidad negativa hemos contabilizado los costes de contaminación, que afectan a la población adyacente a la autovía.

En este análisis se obtienen resultados positivos, si bien se debe destacar los altos costes de construcción, recordemos que son unos de los tramos más caros de autovía de Europa; y también cabe destacar la reducción de accidentes en comparación al anterior trazado, lo que conlleva grandes mejoras.

En análisis de sensibilidad realizado, permite mostrar la robustez de los resultados al obtener en todos los casos un VAN positivo ante cambios en las diferentes variables.

El resultado del TIR también positivo y cercano a la tasa de descuento utilizada, lo cual demuestra la rentabilidad del proyecto.

Los efectos externos que se han tenido en cuenta han sido elegidos debido a la importancia que en los últimos años se está dando a los niveles altos de ruido y contaminación tan adversos para la salud de los que lo sufren. También los accidentes, tanto con víctimas mortales como sin ellas, en esta autovía han sido de gran importancia, debido a los altos índices que arrojaba la antigua nacional 611.

5. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

RUS MENDOZA, G.d. Análisis Coste-Beneficio: Evaluación Económica De Políticas y Proyectos de inversión. 3ª ed. act. ed. Ariel economía, Barcelona: Ariel, 2008, 2008 ISBN 978-84-344-4547-5.

RUS MENDOZA, G.d., CAMPOS, J. and NOMBELA, G. Economía Del Transporte. Barcelona : Antoni Bosch: 2003 ISBN 84-95348-08-X.

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Recomendaciones Para La Evaluación Económica, Coste-Beneficio De Estudios y Proyectos De Carreteras. Actualización Del Valor Del Tiempo, Costes De Accidentes y Combustibles. , 1990.

VALLEJO, E., SAINZ GONZÁLEZ, R. and NÚÑEZ SÁNCHEZ, R. Autovía La Meseta-Cantabria Tramo Molledo-Pesquera. Evaluación De Costes Externos y Análisis Coste-Beneficio. Universidad de Cantabria, 2007.

Matas, A., Raymond, J.L. (1999): "Elasticidad de la demanda en las autopistas de peaje". Papeles de Economía Española, 82, 140-165.

Coto-Millán, P, e Inglada, V. (2008): "Evaluación de proyectos de infraestructuras de transporte". Ariel.

INFRAS [Sitio web]. 2000 Madrid: INFRAS. Costes Externos del Transporte. [Consulta: 08 de Agosto de 2015]. Disponible en <http://infras.es/>

Ministerio de Fomento, (2004): "Estudio Accidentes en Carreteras del Estado".

Rodriguez Dapena, A. (1999): "Metodología de Ajuste de Modelos Multinomiales de Elección Modal en el Transporte Interurbano. Aplicación al Corrector Madrid-Barcelona". Antoni Bosch Editor.

Datos Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. [Sitio web]. 2015. Madrid: INE. [Consulta: 16 Agosto 2015]. Disponible en: <http://www.ine.es/>.

MINISTERIO DE FOMENTO [sitio web]. 2015. Madrid: FOMENTO. Mapa de intensidad 2010. [Consulta: 16 Agosto 2015]. Disponible en: <http://fomento.es/>.

DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO [Sitio web]. 2015. Madrid: DGT. Series históricas de accidentes. [Consulta: 23 Agosto de 2015]. Disponible en: <http://dgt.es/>.