



*Departamento de Organización Industrial y
Gestión de Empresas II*

Trabajo Fin de Grado

*Análisis Coste-Beneficio del Corredor del
Mediterráneo*

Autor: Tomás Guerrero Candel

*presentado en la ESCUELA SUPERIOR DE INGENIEROS
de la UNIVERSIDAD DE SEVILLA*

para la obtención del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales



Tutor: Dr. José Guadix Martín

Sevilla, Julio de 2014

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	3
1.1.	Presentación del Proyecto	3
1.2.	Objetivos del proyecto	3
1.3.	Descripción del proyecto.....	4
2.	METODOLOGIA A SEGUIR EN EL ANALISIS DE COSTE-BENEFICIO	6
2.1.	Introducción	6
2.2.	Caracterización del problema y definición de los objetivos.....	6
2.3.	Valoración de las distintas opciones	7
2.4.	Análisis económico tradicional.....	8
2.5.	Análisis coste beneficio	15
2.6.	Análisis de riesgo y sensibilidad	27
2.7.	Interpretación de los resultados y criterios de decisión	34
3.	TRANSPORTE FERROVIARIO	35
3.1.	Historia	35
3.2.	Panorama actual	36
3.3.	Regulación del transporte ferroviario de mercancías.....	40
3.4.	Ventajas e inconvenientes	40
4.	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	42
4.1.	Introducción	42
4.2.	Análisis económico tradicional.....	43
4.3.	Aplicación del análisis coste-beneficio.....	49
4.4.	Análisis de sensibilidad y de riesgos.....	57
4.5.	Interpretación de los resultados	67
5.	CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS	69
5.1.	Conclusiones.....	69
5.2.	Líneas futuras	70
6.	BIBLIOGRAFIA	71
7.	Anexos	72

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Presentación del Proyecto

El proyecto fin de grado “Análisis coste-beneficio del Corredor del Mediterráneo” tiene como misión mostrar el potencial y versatilidad del análisis coste-beneficio aplicado a proyectos industriales. En concreto a una línea ferroviaria dedicada al transporte de mercancías.

En primer lugar se trata el tema del análisis de coste-beneficio, de forma genérica para cualquier tipo de proyecto industrial, añadiendo posteriormente las variantes de dicho análisis aplicado a un proyecto de infraestructura del transporte. Se definirá una metodología para llegar a las conclusiones mediante una serie de pasos concretos.

En la segunda parte del proyecto se realizara un análisis del estado actual de las red de ferrocarriles en España y se hará un repaso de las diferentes modalidades de transporte de mercancías más frecuentes en España.

En la tercera parte se aplicara la metodología estudiada a nuestro proyecto.

Para terminar, como en todo proyecto, se alcanzaran unas conclusiones sobre la viabilidad del proyecto

1.2. Objetivos del proyecto

El objetivo principal de este proyecto es estudiar la forma de aplicar a los proyectos industriales el análisis de coste-beneficio. Para ello serán introducidos una serie de conceptos sobre los cuales luego se desarrollará una metodología a seguir, metodología que será aplicada a un proyecto concreto de una infraestructura ferroviaria.

Se hace especial hincapié en la toma de decisiones en análisis de coste beneficio, que está estrechamente relacionado con el coste de oportunidad y el estudio de las distintas alternativas.

Se tratara de mostrar la utilidad de este tipo de análisis a la hora de valorar las distintas alternativas, pero no solo teniendo un punto de vista financiero, teniendo muy en cuenta otro tipo de rentabilidad, la rentabilidad social.

Independientemente de si el proyecto es financiado totalmente con capital privado, es importante determinar esa rentabilidad social, pues puede generar pérdidas o beneficios sobre la población a la que afecte dicho proyecto. Del mismo modo un proyecto tendrá mayor aceptación por parte del estado y tendrá más facilidades a la hora de acometerse cuando mayores sean los beneficios que produzca sobre esa población.

1.3. Descripción del proyecto

Este proyecto se divide básicamente en cuatro partes, en las que se desarrollan los pasos a seguir para realizar un análisis de coste-beneficio.

En primer lugar se desarrollan los conceptos puramente teóricos integrados en una metodología a seguir. Se ha tratado de ser lo más general posible, con vistas a que pueda aplicarse a diferentes tipos de proyectos, ya sea industrial o no, ya sea de pequeña envergadura o no.

En dicho método se hace especial hincapié al hecho de considerar todos los factores posibles y no dejar de considerar ninguna alternativa que sea posible competidora.

Además se hace un repaso de los principios económicos en los que se basa el análisis de coste beneficio, y un último paso consistente en un análisis de riesgo del análisis, con la intención de conocer varios resultados y las probabilidades de que ocurran cada uno.

Una vez explicada la metodología que vamos a seguir, tenemos la segunda parte. En ella comenzamos haciendo un repaso sobre la historia del ferrocarril y las infraestructuras ferroviarias.

A continuación estudiamos el panorama actual, pasando por distintos campos como son el estado de la red ferroviaria española, el transporte de mercancías terrestres a nivel nacional o el transporte intermodal.

Para terminar con esta parte se hace referencia al marco regulatorio que rige el transporte de mercancías por medio del ferrocarril y se enumeran una serie de ventajas e inconvenientes que suponen la propulsión de este tipo de transporte.

El siguiente paso corresponde a la aplicación del análisis coste-beneficio a nuestro proyecto, siguiendo paso a paso la metodología explicada anteriormente. Se analizará una posible opción que de solución a los problemas de transporte de mercancía

terrestre en España y que supondrá una mejoría considerable en las relaciones comerciales con Europa.

Una vez aplicado dicho análisis, y visto que el proyecto es rentable, se realizara una simulación para ver cómo evoluciona la rentabilidad de nuestro proyecto frente a variaciones en la demanda y variaciones en los cánones de cobro.

2. METODOLOGIA A SEGUIR EN EL ANALISIS DE COSTE-BENEFICIO

2.1. Introducción

El análisis de coste-beneficio es una herramienta importante en ámbito de la teoría de decisión. El fin que persigue es determinar la conveniencia de un proyecto mediante la enumeración y posterior valoración de los costos y beneficios de dicho proyecto.

Hasta hace unos años este método estaba vinculado a obras sociales y proyectos financiados por el Estado, pero actualmente es muy común verlo aplicado a proyectos de carácter privado.

Puede servir de ayuda seguir una metodología general basada en una serie de pasos, los cuales adaptaremos a nuestro proyecto cuando sea necesario.

2.2. Caracterización del problema y definición de los objetivos

La definición de los objetivos del proyecto y del objeto del estudio es esencial para la identificación del proyecto, que representa el punto de partida de la evaluación.

Es importante diferenciar los objetivos esenciales de los que no lo son, y centrarnos en el problema por el que se inició este estudio. Si el problema que se nos plantea es un aumento de la demanda de electricidad de una determinada población, y la solución propuesta es una nueva central eléctrica, el problema a resolver no es diseñar y localizar la central, si no abastecer a la población de electricidad. Lo cual podría solucionarse mediante la compra de la electricidad a otra central.

A la hora de aportar las características del problema que tenemos que solucionar, es importante tener claros aspectos como la delimitación geográfica, que puede ir desde una comunidad de vecinos hasta un país. También es importante la población a la que va afectar, pues la satisfacción de este colectivo es un factor determinante a la hora de valorar los costes y beneficios.

Se deben barajar todas las posibles alternativas que darían solución a nuestro problema e identificar cual es la mejor solución alcanzable. En la caracterización del problema debe haber datos que nos permitan desechar alternativas porque no resulten viables por algún motivo.

También es fundamental considerar la normativa legal que afecte a nuestro proyecto, tanto en el ámbito nacional o comunitario como ordenanzas municipales que puedan ser infringidas. Realizar un estudio en profundidad de la normativa puede ahorrar mucho trabajo ya que nos permitiría desechar alternativas que no serían viables dentro del marco de la legalidad.

2.3. Valoración de las distintas opciones

Este proceso y el de caracterización del problema son en cierta manera simultáneos, puesto que para que un proyecto sea caracterizado correctamente se ha tenido que contemplar las distintas alternativas, y estas alternativas a su vez tienen que ser caracterizadas.

Con respecto a cada proyecto, existen tres tipos de alternativas:

En primer lugar tenemos la opción de “No hacer nada” lo cual se corresponde con el escenario de referencia, sin proyecto alguno, o statu quo. Consiste en comparar la situación actual con el proyecto a realizar. Parece una alternativa innecesaria o absurda, pero en algunas ocasiones las inversiones que se tienen que realizar para acometer el proyecto no son justificadas con los beneficios esperados, llegando a la conclusión de que la mejor de las opciones es no acometer el proyecto.

La segunda sería la opción de “Hacer lo mínimo”, la opción anterior es poco común pues siempre que se quiere dar solución a un problema lo normal es que se acometa una inversión que intente solventarlo. Por eso es más útil plantear la comparativa de la realización de una pequeña inversión en busca de mejorar algo ya existente. Es habitual que una pequeña inversión plantee muchos más beneficios que costes y por tanto una alternativa factible al proyecto.

Como última opción, denominada “Hacer algo”, tenemos la comparación con un proyecto de características similares, que aun siendo muy diferentes, también conlleven una actuación considerable. El uso de técnicas alternativas y diferentes conceptos de proyecto pueden ser opciones a valorar. Para este tipo de proyecto hay que profundizar de la misma manera que en el proyecto principal, ya que si queremos una buena comparativa, es necesario exactitud en las medidas para buenos resultados en las estimaciones.

Un ejemplo de lo visto anteriormente podría ser:

Para establecer un enlace entre la ciudad A y la ciudad B, se plantean tres alternativas viables:

1. Construir una nueva línea ferroviaria.
2. Construir una nueva carretera.
3. Mejorar la carretera ya existente.

Si se propone la construcción de la nueva carretera, habría que demostrar que es preferible a la opción de construir una nueva línea ferroviaria y a la renovación de una carretera ya existente, pese a la viabilidad de estas opciones.

Tener en consideración alternativas no viables o imposibles es una pérdida de tiempo, además de que puede inducir a equivocaciones. Algunos promotores las usan para hacer ver sus proyectos como los mejores al compararlas con este tipo de alternativas.

Para recalcar la importancia de la valoración de varias alternativas, se muestra a continuación el artículo 1, apartado 2 del reglamento nº 1265/1999 de los Fondos de Cohesión Europeos:

“Los Estados miembros beneficiarios facilitarán toda la información necesaria (...) incluidos los resultados de los estudios de viabilidad y de las evaluaciones previas. (...) Los Estados miembros también facilitarán, (...) cuando proceda, una indicación de las posibles alternativas que no se hayan tomado en consideración.»

Para acceder a algún tipo de financiación por parte de dichos fondos, es necesario presentar un estudio con el correspondiente análisis de coste-beneficio. Como puede verse se hace hincapié en la valoración de distintas alternativas.

2.4. Análisis económico tradicional

El resultado de aplicar el análisis coste beneficio sobre un proyecto se asienta sobre las bases de un análisis tradicional. Por ello sigue una estructura similar, para más adelante completar con otros conceptos de coste-beneficio.

La mayor parte de los datos sobre costes y beneficios son obtenidos con el análisis financiero. Dicho análisis proporciona al analista información relacionada con los

consumos y bienes, así como sobre los precios y las estructura temporal de los ingresos y gastos.

2.4.1. Horizonte temporal

Por horizonte temporal entendemos el 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 periodo que se corresponda con la vida útil económica del mismo, y lo bastante dilatado como para apreciar su impacto probable a medio y largo plazo.

La elección del horizonte temporal puede tener repercusiones extraordinariamente importantes sobre los resultados del procedimiento de evaluación. El horizonte temporal está relacionado con el sector de inversión que se esté considerando.

Según la base de datos de la OECD los horizontes temporales habituales en función son:

Proyectos por sector	Años recomendados
Energía	25
Agua y Medio Ambiente	30
Ferrocarriles	30
Carreteras	25
Puertos y aeropuertos	25
Telecomunicaciones	15
Industria	10
Otros servicios	15

Tabla 2.1 Horizonte temporal medio por sector. Fuente: Comisión Europea

2.4.2. Determinación de los costes

Es importante realizar un estudio exhaustivo sobre los costes, pues de ellos dependerá la rentabilidad y viabilidad en el tiempo de nuestro proyecto. Podemos diferenciar dos grupos de costes en función del tiempo en que se generan dichos gastos.

2.4.2.1. Inversión

El primer paso es calcular la cantidad total que va suponer la inversión en este proyecto. Tanto si se presenta como un desembolso inicial como si se planifican futuros desembolsos como parte del mismo proyecto. A la hora de calcular este coste es fundamental conocer el horizonte temporal, pues nos determina la vida útil del proyecto, que es totalmente necesaria para realizar las previsiones relativas al mismo.

2.4.2.2. Costes de explotación

En segundo lugar es necesario conocer los gastos anuales en los que se van a incurrir en concepto de operación y mantenimiento. Estimar los costes de explotación de una línea ferroviaria requiere tener en cuenta todas las partidas de gastos que se desglosan en costes fijos y variables.

2.4.2.2.1. Costes fijos

Este coste es independiente de la actividad del proyecto en el futuro, engloba los costes que repiten a lo largo del tiempo de vida del proyecto, con una determinada periodicidad. Este tipo de coste engloba por ejemplo el arrendamiento de terrenos, impuestos sobre propiedades, seguros o la inversión total.

2.4.2.2.2. Costes variables

Dependen directamente de la actividad, es decir de la cantidad destinada a la operación y mantenimiento, puesto que el gasto en este concepto es proporcional al uso que se le da a las instalaciones. En algunos casos es posible que se realice una subcontratación de estos servicios. Si por ejemplo se subcontrata un servicio de mantenimiento integral por varios años, este pasaría ser un coste fijo y no se incluiría en esta partida.

En estos costes también se incluyen los debidos a la propia operación, incluyendo mano de obra, los debidos a medios auxiliares y compra de repuestos necesarios. Así

como los recursos necesarios para la realización de la actividad, como pueden ser agua o electricidad.

En el cálculo de los costes de explotación deberán excluirse las partidas que no generen gastos monetarios efectivos. Como por ejemplo son:

- Depreciación y amortización, dado que no constituyen pagos reales en efectivo.
- Toda reserva para costes futuros de reposición, dado que tampoco se corresponden con un consumo real de bienes.
- Cualquier reserva para imprevistos, dado que la incertidumbre en cuanto a los flujos futuros se aborda en el análisis de riesgos y no mediante costes imaginarios.

2.4.3. Ingresos

Algunos proyectos pueden generar sus propios ingresos, derivados de la venta de bienes y servicios. Estos ingresos vendrán determinados por las previsiones de los servicios prestados y de los precios relativos.

Las siguientes partidas no deberán incluirse en el cálculo de ingresos futuros:

- El IVA que grava os costes y beneficios.
- Cualquier otra subvención.

En proyectos de infraestructuras, como por ejemplo de ferrocarriles, el inversor puede no ser el organismo que lo gestione, por tanto en tal caso, este ultimo pagara al primero (el estado o algún otro ente público) un canon o derecho equivalente. Si este canon no refleja los costes en su integridad se generará un déficit de financiación.

Los ingresos que han de tomarse en consideración en el análisis financiero son, por lo general, los que corresponden al propietario de la infraestructura.

2.4.4. Valor residual del proyecto

Entre las partidas de ingresos del último año considerado deberá incluirse el valor residual de la inversión (por ejemplo, la deuda pendiente, los activos remanentes, como construcciones y maquinarias, etc.). Dicho valor residual es necesario

computarse para calcular la rentabilidad de la inversión pero no para calcular evaluar la sostenibilidad financiera frente a los flujos de caja si no se corresponde con una entrada real para el inversor.

Hay dos posibles maneras de calcular el valor residual.

- Tomando el valor residual de mercado del activo fijo, como si fuera a ser vendido al final del horizonte temporal.
- Tomando el valor residual de todas las partidas del activo y el pasivo.

El valor actualizado de cada ingreso futuro neto al final del horizonte temporal considerado deberá incluirse en el valor residual. En otras palabras, el valor residual es el valor de liquidación. Ha de tenerse en cuenta que el horizonte temporal no es el límite de vida real del proyecto, luego pueden esperarse ingresos y gastos futuros.

2.4.5. Esquema financiero

Los proyectos de inversión se llevan a cabo con capital social y con endeudamiento bancario. Dependiendo de las cantidades aportadas por cada uno se determinara el grado de apalancamiento, y por tanto la rentabilidad del accionista. Esta relación varía para distintos proyectos, tanto por la envergadura del mismo como por el riesgo que deseen tomar las entidades bancarias.

El grado de apalancamiento es fundamental para determinar la rentabilidad de los accionistas, pero no para la del negocio en conjunto, es decir, que un proyecto puede ser rentable independientemente de si los beneficios van a parar a manos de los accionistas o a pagar los intereses de un préstamo.

Variando el grado de apalancamiento, estamos modificando la relación entre el pasivo total y los fondos propios, el incremento de activos permanece igual. De los beneficios se pagan la deuda y los intereses, reduciendo así el pasivo, y las ganancias finales pasan a incrementar los fondos propios.

Un grado de apalancamiento alto lleva consigo un alto riesgo de impago, lo que conllevaría la posibilidad de perder el negocio si la entidad bancaria decide tomar en propiedad el proyecto para el que fue solicitado el crédito.

2.4.6. Plan de negocio

Un plan de negocios es la presentación formal de una idea empresarial, que se constituye simultáneamente como una fase de proyección y evaluación de precedentes.

Es un documento importante a la hora de buscar posibles inversores o conseguir un crédito bancario, ya que es la idea escrita de cómo el autor de proyecto pretende desarrollar la labor empresarial.

2.4.7. Indicadores de rentabilidad

Para evaluar los resultados esperados de un proyecto se hace uso de tres indicadores fundamentales en la rentabilidad del negocio:

VAN: Valor Actual Neto. Este indicador nos permite calcular, mediante los flujos de caja estimados para un futuro, el valor presente de la inversión que vamos a acometer en nuestro proyecto.

Para la actualización de los flujos de caja se utiliza una tasa de descuento. La elección del valor de la tasa de descuento es importante porque va a condicionar el resultado obtenido. Lo habitual es tomar una tasa de descuento algo superior al interés del préstamo solicitado. Lo más normal es elegir un valor entre el 5% y 10%.

Si al calcular el VAN obtenemos un valor mayor que cero, significa que la inversión es rentable, y de forma contraria un resultado negativo significaría que no interesa realizarla.

$$VAN = -FC_0 + \sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1+r)^i}$$

Vamos a diferenciar entre dos VAN, el primero que está referido al proyecto o negocio en sí, denominada $VAN_F - C$, y una segunda que será sobre el capital $VAN_F - K$. Esta nos permite calcular el rendimiento que se obtiene del capital aportado para el proyecto.

TIR: Tasa Interna de Rentabilidad. Se define como el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión. Lo que viene a ser la tasa de

interés que hace que el VAN sea cero. Siempre y cuando la tasa de descuento sea inferior a la TIR sería viable la inversión.

$$VAN = -FC_0 + \sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1 + TIR)^i} = 0$$

Para obtener dicho valor resolvemos un proceso iterativo.

Al igual que con el VAN vamos a diferenciar entre dos tipos de tasa interna de rentabilidad, $TIR_F - C$ y $TIR_F - K$.

Pay-Back: Es el tiempo para que los flujos de caja esperados, actualizados al presente, igualen el capital inicial invertido. El tiempo que se tarda en recuperar la inversión.

Lo deseable de cualquier proyecto es que tenga un Pay-Back corto y que el valor del VAN_F y la TIR_F sea lo más alto posible.

2.4.8. Cuadros resumen

El análisis financiero se presenta en una serie de cuadros resumen que recogen los flujos financieros de la inversión, siendo los siguientes:

- Inversión total
- Gastos e ingresos de explotación
- Fuentes de financiación
- Análisis de flujos de caja

El análisis de los flujos de caja se hace para ver si el proyecto es sostenible financieramente hablando. Hay que comprobar que el proyecto no presente un saldo en caja negativo, ya que provocaría la adquisición de nuevos préstamos, con sus respectivos intereses, que no se habían tenido en cuenta al inicio del proyecto.

Además el análisis financiero deberá plasmarse en dos cuadros que resumen los flujos de caja:

1. Correspondiente al rendimiento de la inversión (donde se presentan la $TIR_F - C$ y el $VAN_F - C$), plasmando la capacidad de cubrir los costes de la inversión mediante los ingresos netos de explotación con independencia de la forma de financiación de aquellos.

2. Correspondiente al cálculo del rendimiento del capital (obteniendo la TIR_{F-K} y VAN_{F-K}), que comprende, entre las salidas, el capital del inversor privado, la contribución nacional a tres niveles (local, regional y central) y los préstamos financieros en el momento de su reembolso, además de sus costes de explotación y los correspondientes intereses, y donde las entradas son los ingresos.

2.5. Análisis coste beneficio

2.5.1. Identificación de costes y beneficios

Es importante una toma de datos lo más exacta y fiable posible, de ello va depender la correcta aplicación de este análisis, y finalmente una toma de decisiones acertadas.

Los beneficios son todos los que se derivan para los miembros de una sociedad con independencia de que se traduzcan o no en ingreso. Igualmente, los costes serán entendidos como los beneficios perdidos en la mejor alternativa posible para los recursos que absorbe el proyecto.

A diferencia del análisis financiero, este análisis se hace desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto, no solo se mira desde la óptica del propietario de la infraestructura.

Por tanto estos costes y beneficios incluyen los costes sociales, los que recaen sobre las personas y/o medio ambiente. Hay que tener en cuenta, en cada proyecto, posibles factores novedosos, que aunque nunca se hayan considerado en algún otro proyecto, puedan ser un coste o beneficios para las personas y/o medio pertenecientes a la población que afecte nuestro proyecto.

Hay que tener en cuenta que la mayoría de los factores sociales, a los que nos hemos referido anteriormente, no pueden ser cuantificados de manera exacta. Sin embargo tienen una gran importancia porque pueden servir como objeto de decisión entre alternativas aparentemente similares. No pretendemos hacer un análisis que nos determine un porcentaje de beneficios extras con respecto a otro, pero si para que nos arroje luz sobre la idoneidad de una alternativa. Es común realizar un anexo donde se incluyan todo estos beneficios que pueden hacer decantar la balanza a la hora de elegir.

Por ello el primer paso será la identificación de todos aquellos factores que se puedan considerar costes o beneficios. A parte de los aspectos financiero como la inversión a realizar y los gastos de explotación, ha de tenerse en cuenta otros como la contaminación, el agotamiento de los recursos, el impacto medioambiental de la infraestructura, etc. Y así, todos los costes que se puedan provocar en cuanto a beneficios perdidos en la mejor alternativa disponible para los recursos que absorbe el proyecto. Pero de igual manera no solo los ingresos provocados por la actividad de nuestro proyecto son considerados beneficios, otros aspectos como la generación de empleo, tanto en el desarrollo del proyecto como en la continuación de la actividad del mismo, o la influencia sobre la mejora de la economía de la zona, también se pueden considerar beneficios.

Cuanto más factores, tanto beneficiosos como perjudiciales, se aporten, más fácil será la elección de la alternativa. Teniendo en cuenta que la medida con exactitud de estos factores puede llegar a entorpecer el estudio.

2.5.2. Cuantificación de los costes y beneficios.

2.5.2.1. Principios económicos

Una vez determinados los factores a tener en cuenta en el análisis, y los datos que se necesitan para ello, se procederá a cuantificarlos como costes y beneficios.

Para valorar adecuadamente un proyecto, es necesario hacer una distinción entre precio, valor privado, valor social, coste privado y coste social.

Imaginemos que se desea hacer un aparcamiento en una determinada zona, la cual no tiene coste alguno para las personas que pretenden utilizarlo, este proyecto no tendría coste alguno para ellos, pero sí un valor. De forma contraria para el vecino que vive en la plaza donde se pretende construir el parking, el hecho de talar los árboles para acometer la obra le supone un coste por dejar de disfrutarlos, aunque nadie tenga que pagar por talarlos, pero tiene un coste social.

También hay que diferenciar entre valor total, que es el valor de todo el bien consumido, y valor marginal que es el que tiene la última unidad consumida de este y que generalmente no es el mismo.

Los beneficios y costes sociales no son tan fáciles de contabilizar monetariamente hablando, se miden habitualmente como la disposición a pagar entre los individuos por

los beneficios que reciben y lo que habrían estado dispuesto a pagar por el beneficio perdido en la elección de la mejor alternativa posible no realizada.

Para medir la disposición de los individuos hay dos posibilidades:

- Mediante funciones de demanda del mercado, a través de los cuales se puede hacer una medición monetaria del cambio en la utilidad que se deriva de la ejecución del proyecto. Para ellos se hace uso de los determinados precios sombra.
- Realizando una aproximación preguntando directamente a los individuos por las cantidades monetarias que reflejan el cambio en su utilidad gracias al proyecto. Esto es complicado cuando se trata de bienes que no se intercambian en el mercado.

La forma de aplicar el primer método es la siguiente:

Una función de demanda frente al precio de un determinado bien representa para cada valor de este, el número de individuos que demandan ese bien. Por lo general esta relación es inversa.

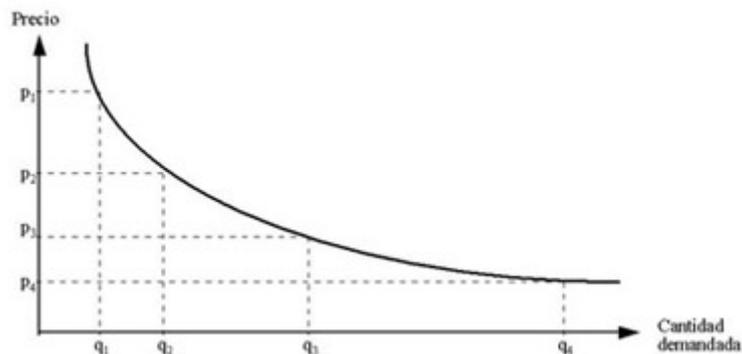


Gráfico 2.1 Curva de Demanda

Si consideramos el precio que cada individuo estaría dispuesto a pagar por el servicio o bien, se estaría midiendo el valor del servicio para el conjunto. si por ejemplo vamos a construir una zona verde en un barrio, el beneficio sería la suma del valor que todos los individuos estarían dispuestos a pagar por ello, sin embargo si por ejemplo se trata de un parking que luego tendrá un coste por su utilización, el beneficio sería solo la cantidad que los individuos pagarían por su construcción y no por su utilización.

El valor total para ese conjunto sería el precio pagado por los usuarios más los ingresos por parte de los consumidores.

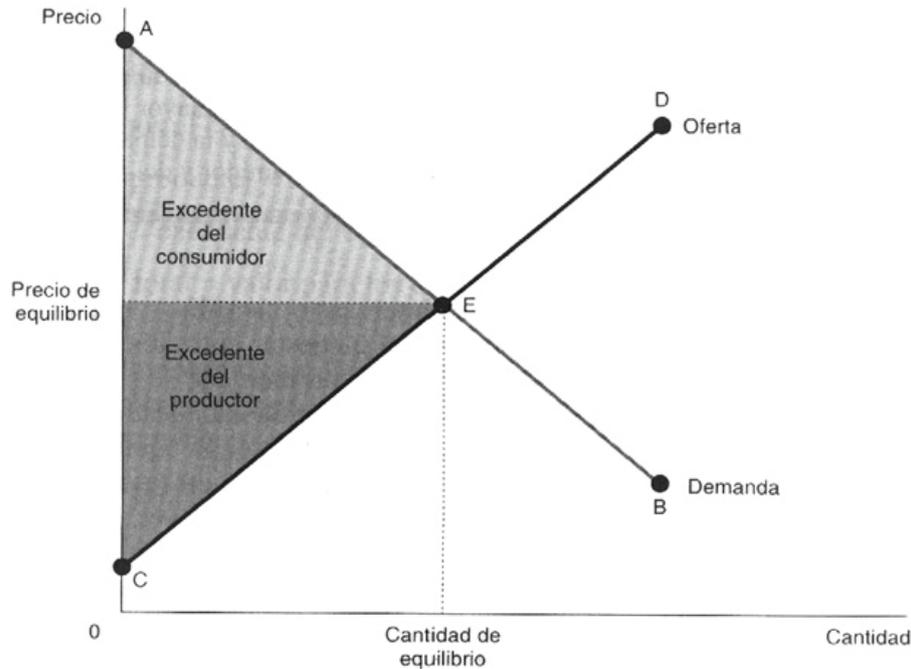


Grafico 2.2 Excedentes sociales

La curva de demanda de un mercado es la suma de la horizontal de curvas de demanda individuales y recoge información de las cantidades que los individuos están dispuestos a comprar a diferentes precios. Esta función $Q=q(P)$ tiene una inversa que es $P=p(Q)$, que representa lo que los individuos estarían dispuestos a pagar por una cantidad concreta de un determinado bien.

Esta función refleja aproximadamente las valoraciones subjetivas del bien y en ausencia de externalidades, de otras distorsiones y de problemas de equidad, refleja el beneficio social bruto.

Para conocer la demanda que tendrá un bien o servicio y evaluar su variación con el precio, se analiza la demanda de ese servicio actualmente, si lo hay y este proyecto disminuye o aumenta la cantidad o el precio, si no es así se ha de estudiar casos reales similares y estimar la demanda que tendrán esos bienes o servicios del proyecto en función de los datos obtenidos y del precio que se desea establecer si procede. Además habrá que tener en consideración la población a la que va afectar nuestro proyecto para poder extrapolar los datos reales al caso de estudio. Igualmente, un factor determinante será la renta de los individuos ya que el precio afectará más o menos a la curva de la demanda en función del poder adquisitivo de estos.

2.5.2.2. Valoración económica de los costes y beneficios

Conceptualmente, existen dos métodos para valorar los costes y beneficios:

- La suma de excedentes de los distintos agentes sociales.
- Cambios en la disposición a pagar de los individuos y cambio de los recursos como consecuencia del problema.

Es posible trabajar con los datos expresados en unidades monetarias constantes o corrientes. Y aunque a veces es más recomendable trabajar con unidades corrientes, por temas macroeconómicos como la inflación y aparte que la dimensión financiera del proyecto pueda exigirlo así, lo realmente importante es la consistencia de los datos. Si los datos están expresados en unidades monetarias de cada año, habrá que utilizar una tasa de interés nominal. Si por lo contrario se usan datos expresados en unidades monetarias del año base, la tasa de descuento debe ser la real y no la monetaria.

Hay que tener en cuenta que existes determinadas partidas en nuestro proyecto cuyo precio no tiene porque evolucionar a la par que la inflación. Existen materias como por ejemplo el petróleo y sus derivados cuyos precios evolucionan por intereses políticos y económicos globales.

2.5.2.3. Beneficios y beneficiarios

Si dividimos la sociedad en cuatro agentes: Consumidores (C), productores (P), trabajadores (W) y contribuyentes (G). Teniendo en cuenta que el bienestar social se mide como la suma ponderada de los excedentes de los cuatro grupos anteriores:

$$BS = \alpha EC + \beta EP + \omega EW + \gamma EG$$

El hecho de que sea ponderada se debe a que, por ejemplo, una mejora en el excedente de los productores a costa de una reducción equivalente en el excedente de los consumidores, no se vería afectado el cambio en el bienestar social.

2.5.3. Procedimiento a seguir

Para evaluar los costes y beneficios, se puede seguir un método común consistente en transformar precios de mercado utilizados en el análisis financiero en precios sombra (precios que corrigen la distorsión de los precios ocasionada por las disfunciones del mercado) y en integrar las externalidades que dan lugar a beneficios y costes sociales,

ignorados por el análisis financiero ya que no generan gastos o ingresos monetarios reales.

La práctica internacional ha establecido factores estándar para determinadas categorías de consumos intermedios y de bienes producidos; otras categorías requieren la adopción de factores específicos, que han de definirse caso por caso.

Así pues, el análisis económico se articula en tres etapas:

- Etapa 1: corrección de los impuestos, subvenciones y demás transferencias
- Etapa 2: corrección de las externalidades
- Etapa 3: conversión de los precios de mercado a precios sombra para integrar los costes y beneficios sociales (determinación de los factores de conversión).

Tras ello, y al igual que ocurría en el análisis financiero, se procederá a actualizar todos los flujos económicos al presente para calcular el valor actual neto económico (VAN_E) y la tasa interna de rendimiento económico (TIR_E).

Etapa1. Correcciones fiscales

Los precios de mercado incorporan los impuestos pagados y las subvenciones recibidas. Puesto que son flujos económicos sin contrapartida alguna entre el estado y el promotor del proyecto, estos movimientos no afectan a los costes o beneficios sociales del proyecto, ya que el estado y el promotor del proyecto forman parte del mismo conjunto social. Es preciso por tanto que de los flujos del análisis financiero, se deduzcan aquellos pagos que no tengan una contrapartida real en los recursos. Como las subvenciones, impuestos indirectos sobre los consumos intermedios y los bienes producidos.

Generalmente puede resultar difícil estimar los precios sin impuesto, pero pueden establecerse algunas reglas rudimentarias que pueden ayudar:

- Los precios de los consumos intermedios y bienes producidos que han de tomarse en consideración en el ACB deben entenderse 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.
- En algunos casos los impuestos indirectos o las subvenciones están destinadas a corregir las externalidades. Por ejemplo los impuestos sobre los precios energéticos, tienen como función contrarrestar los efectos medioambientales negativos, así como ocurre lo contrario con las energías renovables. Se ha de evitar caer en una contabilización por partida doble, por ejemplo incluir los impuestos sobre la energía y los costes medioambientales.

Evidentemente la fiscalidad no tiene por qué tratarse con el mismo rigor cuando reviste una importancia menor en la evaluación del proyecto, pero es conveniente tenerla siempre en cuenta.

Etapa 2. Correcciones de externalidades

En esta etapa se trata de determinar los costes o beneficios que no se han tomado en consideración en el análisis financiero e incluirlos en el cuadro correspondiente al análisis económico.

Tomando como ejemplo la construcción de una línea ferroviaria entre dos ciudades, algunos ejemplos de beneficios externos serían:

- Descongestión de las carreteras y reducción de los accidentes de tráfico.

- Generación de puestos de trabajo.

- Disminución de la contaminación de la zona.

Por el contrario también generaría costes sociales

- Perdida de producción agrícola por necesidad de terrenos

- Incremento de los costes de tratamientos de aguas residuales.

La evaluación de los beneficios y costes externos presenta dificultades. Un proyecto puede ocasionar daños ecológicos cuyo efecto se manifiesten a largo plazo, lo que dificulta la contabilización y valoración.

Es conveniente señalar las externalidades no cuantificables a los órganos de decisión pertinentes, para que puedan contrastar los factores cuantificables que quedan reflejados en la tasa de rendimiento y en el valor actual neto económico con las externalidades no cuantificables, dado que estas pueden hacer decantar la balanza por una parte u otra sin tener la necesidad de concretar números tangibles.

Por regla general, todo coste o beneficio social cuyas repercusiones se extiendan más allá del proyecto y afecten a otros agentes, sin que exista compensación, habrá de tenerse en cuenta en el ACB, además de los costes financieros.

La persona que analiza el proyecto debe cerciorarse de que se hayan determinado y cuantificado estos tipos de costes y, en lo posible, de que se les haya atribuido un valor monetario realista. Si ello resulta difícil, o imposible, los referidos costes y beneficios deberán cuantificarse, al menos en términos físicos, con vistas a su evaluación cualitativa.

Son numerosos los grandes proyectos, sobre todo en el ámbito de las infraestructuras, que pueden redundar en beneficio de agentes distintos de los beneficiarios directos de la renta social generada por el proyecto. Dichos beneficios pueden recaer no sólo en

los usuarios directos del producto, sino también en terceros a los cuales no estaban destinados. En tal caso, habrán de evaluarse oportunamente.

En la medida de lo posible deberá atribuirse a las externalidades un valor monetario, para poder usarlo directamente en el cuadro de análisis. Aunque si no es posible, habrán de cuantificarse los indicadores no monetarios, bien media una estimación del mismo o como información de gran utilidad de cómo externalidad no cuantificable.

Repercusiones sobre el medio ambiente.

En el contexto del análisis de grandes proyectos, el impacto ambiental debe describirse y evaluarse adecuadamente, en lo posible a través de los métodos cualitativos y cuantitativos más avanzados. A este respecto, el análisis multicriterio suele ser de utilidad. Si bien un examen de la evaluación del impacto ambiental rebasa el propósito de este proyecto, cabe señalar que el ACB y el análisis del impacto ambiental plantean problemas análogos. Deberán, por tanto, considerarse en paralelo y, siempre que sea posible, de manera integrada, lo que implicará la atribución de un valor contable convencional a los costes medioambientales. Algunos ejemplos de repercusiones sobre el medio ambiente:

- Los costes medioambientales de una autopista pueden evaluarse a partir de la pérdida potencial de valor de las propiedades circundantes, debido al aumento del ruido y de las emisiones atmosféricas, así como a la degradación del paisaje.
- Los costes medioambientales de una gran planta industrial contaminante, por ej., una refinería de petróleo, pueden estimarse en función del incremento potencial de los gastos sanitarios entre los residentes y los trabajadores.

Valor contable de los activos fijos del sector publico

Existen proyectos en los que el Estado se ve involucrado. En muchos de estos casos son cedidas propiedades estatales como ciertos bienes de equipo o terrenos, o también que sean cargados a los presupuestos generales del Estado.

En este caso, al activo inmovilizado, incluidos los terrenos, la maquinaria, las construcciones o los recursos naturales, ha de valorarse al coste de oportunidad, y no a su valor histórico o valor contable oficial. Esto debe hacerse siempre y cuando los activos tengan puedan tener empleos alternativos.

De no existir valor de opción correspondiente, es decir, cuando no hay posibilidades de usar dichos bienes en otros fines, no se consideran como coste social, puesto que no podían haber sido aprovechados de otra forma.

Etapa 3. De precios de mercado a precios sombra.

El objeto de esta etapa es determinar la columna de factores de conversión que permiten transformar los precios de mercado en precios sombra.

Al margen de la fiscalidad y de las externalidades, puede haber costes y beneficios sociales en los dos casos siguientes:

- Los precios reales de los consumos intermedios y de la producción están distorsionados debido a las deficiencias del mercado;
- Los salarios no guardan relación con la productividad de la mano de obra.

Distorsión de los precios de los consumos intermedios y de la producción

Los precios corrientes de los consumos intermedios y de los bienes producidos no pueden reflejar el valor social de éstos debido a distorsiones del mercado, por ejemplo, en caso de régimen de monopolio, de barreras comerciales, etc. Los precios corrientes que provienen de mercados imperfectos o de las políticas de precios del sector público pueden no reflejar el coste de oportunidad de los consumos intermedios. En algunos casos, dicho coste puede jugar un papel importante en la evaluación de los proyectos, y los datos financieros pueden, por tanto, resultar equívocos como indicadores de bienestar.

En ocasiones, el Estado regula los precios a fin de contrarrestar las deficiencias que percibe en el mercado, y de manera coherente con los objetivos de la política nacional, como cuando se recurre a la fiscalidad indirecta para corregir las externalidades. En otros casos, sin embargo, los precios reales experimentan distorsiones por imperativo legal, por motivos históricos, o debido a una información incompleta o a otras disfunciones del mercado (por ejemplo, las tarifas de consumos intermedios como la energía o los combustibles).

Siempre que alguno de los consumos intermedios se vea afectado por fuertes distorsiones de precios, el promotor del proyecto deberá tenerlo en cuenta en la evaluación del mismo y aplicar precios sombra, que reflejan más adecuadamente los costes sociales de oportunidad de los recursos. Es necesario evaluar detenidamente el efecto sobre los costes sociales de toda desviación de las siguientes estructuras de precios:

- Coste marginal, cuando se trate de bienes no comercializables a escala internacional, como los servicios locales de transporte.
- Precios en frontera, si se trata de bienes comercializables a escala internacional, como los productos agrarios o manufacturados.

En realidad, hay a menudo sólidos motivos económicos para utilizar los precios en frontera y/o los costes marginales como precios sombra, si se considera excesiva la divergencia entre los precios reales y los costes sociales de oportunidad. No obstante, esta regla general puede revisarse en función de las circunstancias del proyecto específico objeto de estudio.

Ejemplos de distorsión de precios:

- Un proyecto que requiere una gran extensión de terreno, por ejemplo, una planta industrial, si un organismo público cede gratuitamente los terrenos, en lugar de arrendarlos;
- Un proyecto agrícola que depende del suministro de agua a muy bajo precio, merced a importantes subvenciones del sector público;
- Un proyecto con gran consumo de energía, que depende del suministro de electricidad en régimen de tarifas reguladas, cuando dichas tarifas difieren de los costes marginales a largo plazo.
- Una central eléctrica en régimen de monopolio que comporte una diferencia sustancial entre los precios de la electricidad y los costes marginales a largo plazo: en este caso, los beneficios económicos pueden ser inferiores a los beneficios financieros.

Distorsiones salariales

En algunos casos, uno de los consumos intermedios fundamentales de los proyectos de inversión, en particular de los proyectos de infraestructura, es la mano de obra. Los salarios corrientes pueden constituir un indicador social sesgado del coste de oportunidad de la mano de obra, habida cuenta de las deficiencias de los mercados laborales. En tales casos, el promotor del proyecto puede recurrir a la corrección de los salarios nominales y utilizar salarios sombra para calcular los correspondientes indicadores de rentabilidad económica social.

Se define el salario sombra como la mayor retribución posible que la mano de obra empleada en el proyecto habría podido percibir en otro lugar.

En una economía caracterizada por un alto nivel de desempleo, el coste de la mano de obra utilizada en el proyecto puede ser inferior a los salarios reales.

Ejemplos de distorsiones salariales:

-Algunas personas, especialmente en el sector público, pueden percibir salarios superiores o inferiores a los que perciben sus homólogos del sector privado por desempeñar funciones similares.

-En el sector privado, el coste de la mano de obra para la empresa puede ser inferior al coste social de oportunidad, debido a que el Estado subvenciona el empleo en algunas zonas.

-Aunque la legislación fije un salario mínimo legal, cuando se registra una alta tasa de desempleo, puede haber personas que acepten salarios inferiores.

Puesto que no hay una fórmula específica alguna para la determinación del salario sombra, el autor del proyecto ha de ser prudente y coherente en su evaluación de los costes sociales de la mano de obra.

El empleo suplementario representa, de entrada, un coste social. Se trata de la utilización por el proyecto de recursos de mano de obra que dejan, por tanto, de estar disponibles para otros fines sociales. El beneficio en este caso radica en la renta adicional generada por la creación de puestos de trabajo, que se incluye en la evaluación del producto neto, directo e indirecto, resultante del proyecto

Es importante comprender que puede haber dos maneras distintas, y mutuamente excluyentes, de estimar los beneficios sociales del empleo suplementario:

- Como se ha indicado anteriormente, puede utilizarse un salario sombra inferior al salario efectivamente pagado en el proyecto. Se atiende así al hecho de que, cuando hay desempleo, los salarios reales son superiores al coste de oportunidad de la mano de obra. Al reducir el coste de la mano de obra, este procedimiento contable aumenta el valor actual neto social de la renta generada por el proyecto, frente a su valor privado
- Alternativamente, se puede intentar estimar el efecto multiplicador que sobre la renta tiene la producción; también en este caso, la renta social del proyecto será superior a la renta privada, como consecuencia de este efecto externo positivo.

Tanto el método consistente en deducir una parte de los costes de la mano de obra como el consistente en añadir una serie de productos suplementarios presentan inconvenientes y tienen limitaciones. Con todo, en condiciones adecuadas, pueden considerarse equivalentes. El método del efecto multiplicador de la renta se aplicará, preferentemente, a nivel macroeconómico o en programas de inversión de gran envergadura. Es aconsejable, en general, utilizar salarios sombra, reduciendo los salarios reales proporcionalmente al nivel de desempleo.

En todo caso se debería tener en cuenta que no pueden aplicarse ambos métodos simultáneamente puesto que se incurriría en una doble contabilización de un mismo coste social.

Si un proyecto de inversión presenta ya una tasa interna de rendimiento satisfactoria antes de las correcciones en función del empleo, no merece la pena dedicar tiempo y energía a este tipo de cálculo.

No obstante, conviene tener en cuenta que a veces el impacto de un proyecto sobre el empleo requiere un análisis detenido por la importancia que representa, sobre todo en casos como:

- El proyecto provoque la pérdida de empleo de otros sectores a raíz de su realización. Se ha de comprobar la magnitud global de destrucción de empleo, dado que puede suponer una disminución drástica del beneficio global.
- Cuando se alega que el proyecto puede preservar puestos de de trabajo, que de otra forma se perderían. Este hecho puede ser particularmente pertinente en el caso de proyectos de reestructuración y modernización de instalaciones ya existentes.

Actualización

Los costes y beneficios que se registran en distintos momentos han de actualizarse. Al igual que en el análisis financiero, el procedimiento de actualización se lleva a cabo una vez establecido el cuadro del análisis económico.

En el análisis económico de los proyectos de inversión, la tasa de descuento –tasa de descuento social– trata de integrar la dimensión social en la forma de valorar los beneficios y costes futuros frente a los actuales. Esta tasa puede no coincidir con la tasa de descuento financiero si el mercado de capitales es imperfecto (que es siempre el caso, en la práctica).

Los estudios teóricos y la práctica internacional reflejan una gran diversidad de enfoques en la interpretación y elección del valor de la tasa de descuento social que ha de adoptarse.

La experiencia internacional es muy amplia y se extiende a diversos países y organizaciones internacionales. Con todo, una tasa de descuento social en Europa del 5% puede estar justificada por distintos motivos y puede servir de referencia general para los proyectos cofinanciados por la UE, si bien los promotores de proyectos pueden encontrar razones para aplicar un valor distinto.

Cálculo de la tasa interna de rendimiento económico

Una vez efectuada la corrección de las distorsiones de precios, puede calcularse la tasa interna de rendimiento económico (TIR_E).

La elección de la oportuna tasa de descuento social ha de preceder al cálculo del valor actual neto económico (VAN_E) y de la relación beneficio/coste.

La diferencia entre la TIR_E y la TIR_F estriba en que la primera utiliza precios sombra o el coste de oportunidad de los bienes y servicios, en lugar de los precios del mercado imperfecto, e incluye, en la medida de lo posible, todas las externalidades sociales y medioambientales. Al tomar en consideración las externalidades y los precios sombra, la mayor parte de los proyectos con una $TIR_F - C$ baja o negativa pasarán a presentar una TIR_E positiva.

Todo proyecto con una TIR_E inferior al 5% o un VAN_E negativo tras la actualización y una tasa de descuento del 5% deberá someterse a una minuciosa evaluación, o incluso rechazarse. Lo mismo cabe afirmar si la relación B/C es inferior a 1.

En ciertos casos excepcionales, y siempre que se registren importantes beneficios no monetarios, podría admitirse un VAN_E negativo; ahora bien, habrá que exponer dichos beneficios pormenorizadamente, puesto que un proyecto de tales características no contribuirá sino de manera marginal a la consecución de los objetivos de la política de desarrollo regional de la UE.

En todo caso, el informe de evaluación deberá mostrar de manera convincente, mediante una argumentación estructurada, avalada por datos apropiados, que los beneficios sociales superan los costes sociales.

2.6. Análisis de riesgo y sensibilidad

2.6.1. El análisis de riesgo en proyectos

Todo proyecto se encuentra sometido a incertidumbre, la causa principal es que, cuando acometemos un proyecto, no disponemos de toda la información necesaria. Lo cual nos lleva a una situación de riesgo.

También tenemos que tener en cuenta que a lo largo de la vida de nuestro proyecto, van a suceder hechos imprevistos, creando una constante inestabilidad, en la que se producirán cambio de ritmo de nuestra actividad.

El análisis de decisión es una disciplina que ayuda a tomar decisiones en situaciones de incertidumbre. El riesgo es un concepto abstracto, algunos lo definen como “la posibilidad de sufrir un daño o pérdida”. De forma más amplia se puede definir aplicándolo a un proyecto como “cualquier fenómeno que puede ocurrir durante su ciclo de vida y que puede tener repercusiones negativas sobre el mismo”. Las definiciones anteriores tienen connotaciones negativas, pero cabe apuntar que dentro de los riesgos también hay oportunidades positivas para nuestro proyecto.

El análisis de riesgos es un proceso cualitativo que permite evaluar los riesgos y aporta una estimación de incertidumbre del riesgo y su impacto. Los tipos de riesgo se pueden clasificar en:

- Riesgo del proyecto: engloba problemas potenciales de presupuesto, personal, recursos, planificación temporal, tamaño y estructura.
- Riesgos técnicos: problemas potenciales de diseño, especificaciones ambiguas, técnicas inadecuadas...
- Riesgos de negocio: identifican problemas del entorno, estratégicos y legales.

Según el PMBOK (Project Management Body of Knowledge) se pueden diferenciar dos tipos de variables en el análisis de riesgo, las dependientes y las independientes. Entre las variables dependientes se encuentran las variables del entorno de la empresa, como por ejemplo: cultura, recursos humanos, estado del mercado... Las variables independientes se pueden subdividir en tres clases:

- Riesgo de la variabilidad de un coste: cuando se planifica un proyecto se presupuesta un coste, pues el administrador del proyecto se enfrenta al riesgo de los costes sean menores o mayores.
- Riesgo de variabilidad del plazo o tiempo: el administrador del proyecto se enfrenta al riesgo de terminar dentro del tiempo estimado de finalización o no.
- Riesgo de la variabilidad de la calidad del proyecto: se define como el riesgo de no alcanzar las calidades planificadas en el proyecto.

También es posible hacer otras clasificaciones riesgos en función del grado y de la posibilidad de anticipación:

- Riesgos predecibles: son tenidos en cuentas por experiencia en proyectos anteriores.
- Riesgos conocidos: aquellos que se pueden predecir después de una cuidadosa planificación y evaluación del proyecto.
- Riesgos impredecibles: se denominan así los riesgos que se sabe que existen pero es imposible de identificar anticipadamente.

La gestión de riesgos supone una tarea proactiva, en la cual se procura identificar los riesgos potenciales, y antes de comenzar los trabajos técnicos, idear un plan para contrarrestarlos.

En el caso de proyectos relacionados con variables económicas es conveniente establecer un rango de seguridad para saber qué ocurre si las estimaciones que se han hecho se cumplen o no.

2.6.2. El proceso de análisis de riesgos en análisis coste beneficio.

El análisis de riesgos consiste en estudiar la probabilidad de que un proyecto arroje resultados satisfactorios (en términos de TIR o de VAN), así como la variabilidad del resultado en relación con la estimación óptima efectuada previamente.

El procedimiento recomendado para la evaluación de riesgos se basa:

- En primer lugar, en un análisis de sensibilidad, esto es, del impacto que la teórica modificación de las variables que determinan los costes y beneficios tiene sobre los índices financieros y económicos calculados (TIR o VAN);
- En una segunda fase, en el estudio de las distribuciones de probabilidad de una serie de variables seleccionadas y en el cálculo del valor esperado de los indicadores de resultados del proyecto.

2.6.3. Análisis de sensibilidad

El objeto del análisis de sensibilidad es la selección de las variables y parámetros «críticos» del modelo, es decir, aquellos cuyas variaciones, positivas o negativas, frente al valor utilizado como estimación óptima en la hipótesis de referencia tienen el efecto más pronunciado sobre la TIR o el VAN, por cuanto producen las modificaciones más importantes de dichos indicadores. Los criterios que han de guiar la elección de las variables críticas dependerán del proyecto considerado y deben analizarse minuciosamente caso por caso. Como pauta general, recomendamos la elección de aquellos parámetros cuya variación (positiva o negativa) en un 1% comporte una variación correspondiente del 1% (un punto porcentual) en la TIR o del 5% en el valor de referencia del VAN.

A continuación se ilustra de manera esquemática el procedimiento que deberá seguirse para efectuar un análisis de sensibilidad:

- a) Determinar todas las variables utilizadas para calcular la producción y los consumos intermedios en los análisis financiero y económico, agrupándolas por categorías homogéneas. El cuadro siguiente puede resultar de utilidad a este respecto.

CATEGORIA	EJEMPLOS DE VARIABLES
Parámetros del modelo	Tasa de descuento
Dinámica de precios	Tasa de inflación, tasa de crecimiento de los salarios reales, precios energéticos.
Datos relativos a la demanda	Población, tasa de crecimiento demográfico, consumo específico, tasa de enfermedad, volumen de tráfico.
Costes de inversión	Duración de las obras, coste horario de la mano de obra, productividad por hora, coste del terreno.
Precios de explotación	Precio de los bienes y servicios utilizados, coste horario del personal, precio de combustibles.
Parámetros cuantitativos de los costes	Consumo específico de la energía y demás bienes, número de persona empleadas.
Precios de los ingresos	Tarifas, precios de venta de los productos semiterminados
Parámetros cuantitativos de los ingresos	Producción por hora de los bienes vendidos, volumen de los servicios prestados, productividad, número de usuarios.
Precios sombra	Coefficientes de conversión de los precios de mercado, valor del tiempo, costes de hospitalización, coste las muertes evitadas.
Parámetros cuantitativos de los costes	Porcentaje de enfermedades evitadas, dimensiones de la zona utilizada, valor añadido por hectárea.

Tabla 2.2 ejemplos de posibles variables críticas del modelo. Fuente: Comisión Europea

- b) Identificar las posibles variables dependientes en relación determinística, que pueden generar distorsiones en los resultados y doble contabilización. Así, por ejemplo, si el modelo incluye tanto la productividad de la mano de obra como la productividad general, es evidente que esta última engloba la primera. En tal caso, es preciso eliminar las variables redundantes y mantener las más significativas, o bien modificar el modelo con objeto de eliminar las dependencias internas. En conclusión, las variables estudiadas han de ser, en lo posible, independientes entre sí.

- c) Es aconsejable realizar un análisis cualitativo del impacto de las variables a fin de seleccionar aquellas que poseen una elasticidad escasa o marginal. El análisis cuantitativo subsiguiente puede entonces limitarse a las variables más significativas, que deberán verificarse en caso de duda.
- d) Una vez seleccionadas las variables significativas, puede evaluarse su elasticidad mediante los oportunos cálculos, que resultarán más fáciles si se dispone de un sencillo programa informático para determinar la TIR y/o el VAN. Han de irse asignando distintos valores (superiores o inferiores) a cada una de las variables y calcular cada vez la TIR o el VAN, anotando las diferencias (en valor absoluto y en porcentaje), frente a la hipótesis de referencia. Dado que, en general, no existen garantías de que la elasticidad de las variables sea siempre una función lineal, es aconsejable comprobarlo, repitiendo los cálculos para distintas desviaciones arbitrarias.
- e) Determinar las variables críticas con arreglo al criterio seleccionado.

2.6.4. Análisis de escenarios (determinista)

Para ilustrar distintos escenarios dentro de determinadas hipótesis, puede resultar de utilidad tomar en consideración, a la vez, una serie de valores «optimistas» y «pesimistas» de un grupo de variables. A fin de definir los escenarios optimistas y los pesimistas, es preciso seleccionar, respecto de cada variable crítica, los valores extremos en el intervalo delimitado por la distribución de probabilidad.

Se calculan entonces, por cada hipótesis, los indicadores de resultados del proyecto. En este caso, no es necesario indicar con exactitud la distribución de probabilidad.

El análisis de escenarios no sustituye ni al análisis de sensibilidad, ni al análisis de riesgos; se trata simplemente de un procedimiento abreviado.

2.6.5. Análisis probabilista de riesgos

Una vez determinadas las variables críticas, para llevar a cabo el análisis de riesgos es necesario asociar a cada una de ellas una distribución de probabilidad, definida dentro de un intervalo preciso de valores en torno a la estimación óptima utilizada en la hipótesis de referencia para calcular los índices de evaluación.

La distribución de probabilidad de cada variable puede obtenerse a partir de distintas fuentes

Una vez establecida la distribución de probabilidad de las variables críticas, puede procederse al cálculo de la distribución de probabilidad de la TIR o del VAN del proyecto.

Sólo en los casos más sencillos es posible determinar dichas distribuciones de probabilidad mediante métodos analíticos de cálculo de probabilidades de una combinación de fenómenos independientes.

A la vista de la creciente complejidad del modelo de ACB, aun con un número limitado de variables, el número de combinaciones llega rápidamente a ser excesivo para permitir un tratamiento directo. A título de ejemplo, cabe señalar que si hay tan sólo cuatro variables y para cada una de ellas se toman en consideración tres valores (la estimación óptima y dos desviaciones, una positiva y una negativa), el número de combinaciones posibles que habrá que analizar será 81.

Con todo, siempre es posible aplicar a los proyectos de inversión el método Montecarlo, mediante el oportuno software de cálculo. El método consiste en extraer, repetidamente y de manera aleatoria, una serie de valores para las variables críticas, tomadas en los correspondientes intervalos definidos, y en calcular los índices de resultados del proyecto (TIR o VAN) que se derivan de cada conjunto de valores extraídos. Evidentemente, será preciso cerciorarse de que la frecuencia de los valores de las variables se ajuste a la distribución de probabilidad previamente determinada.

Si se repite la operación respecto de un número de valores lo bastante elevado (en general, no más de algunos centenares), puede alcanzarse una convergencia entre los índices calculados y la distribución de probabilidad de la TIR o del VAN.

La forma más conveniente de presentar el resultado es expresándolo en términos de distribución de probabilidad o de probabilidad acumulada de la TIR o del VAN en el intervalo de valores así obtenido. Los gráficos mostrados ofrecen ejemplos ilustrativos.

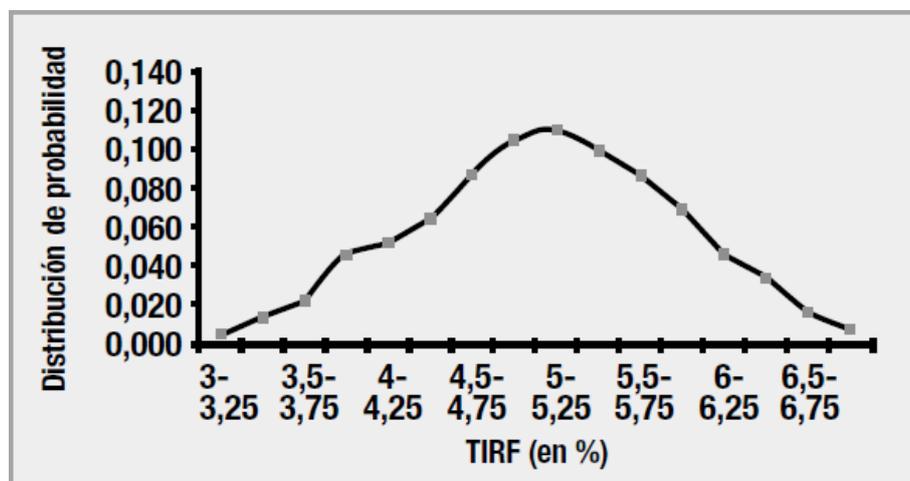


Gráfico 2.3 Distribución de probabilidad de TIR_f

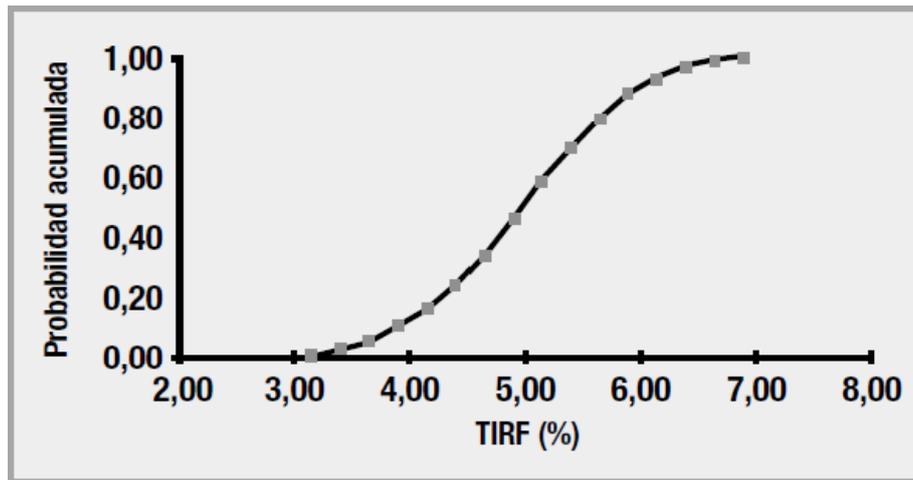


Gráfico 2.4 Probabilidad acumulada de TIR_F

La curva de probabilidad acumulada permite atribuir al proyecto un grado de riesgo, comprobando, por ejemplo, si la probabilidad acumulada es superior o inferior a un valor de referencia que se considera crítico. Es posible estimar asimismo las probabilidades de que la TIR (o el VAN) sea inferior a un valor determinado, que, también en este caso, se adopta como límite. En el ejemplo que recoge el gráfico, la probabilidad de que la TIR sea inferior al 5% se sitúa en torno a un 53%.

Un aspecto sumamente importante a la hora de evaluar el resultado es el equilibrio que ha de buscarse entre proyectos de alto riesgo y que comportan beneficios sociales considerables, por una parte, y proyectos de bajo riesgo y con escasos beneficios sociales, por otra.

En ocasiones, existen motivos *a priori* para preferir la neutralidad al riesgo. Sin embargo, en algunos casos, el evaluador o el promotor del proyecto puede renunciar a la neutralidad y optar por asumir un riesgo más o menos importante en función de la tasa de rendimiento esperada; no obstante, la alternativa debe estar claramente definida.

Para ilustrar este extremo, cabe examinar el caso de los proyectos innovadores, que pueden comportar mayor riesgo que los convencionales.

Si dichos proyectos tienen, por ejemplo, una probabilidad de tan sólo el 50% de alcanzar los resultados esperados, su valor social neto para un inversor que mantenga una posición neutra con respecto al riesgo habrá de reducirse a la mitad. Ahora bien, dado que la innovación constituye en sí un criterio de preferencia adicional, a la hora de evaluar proyectos innovadores deberá primarse la «innovación» valiosa y no ignorar los riesgos.

2.7. Interpretación de los resultados y criterios de decisión

Una vez obtenidos todos los datos, procedemos a interpretar las diferentes alternativas.

En primer lugar se comenzaría descartando aquellas alternativas que presenten un saldo de negativo de costes y beneficios. Siempre y cuando existan opciones con saldo positivo. Raramente se puede dar la situación de que todas las alternativas presenten saldo negativo, en ese caso si serian de intereses y las consideraríamos a la hora de tomar la decisión.

El siguiente paso sería aplicar alguna metodología o regla proveniente de la teoría de decisiones y elegir entre las alternativas que mayores beneficios puedan aportarnos, llegando finalmente a una conclusión en base a algún criterio o preferencia que no son parte ya del análisis de coste beneficio.

3. TRANSPORTE FERROVIARIO

3.1. Historia

El ferrocarril es un sistema de transporte terrestre de personas y mercancías guiado sobre carriles.

La primera noticia que se tiene de la existencia de un medio transporte guiado se remonta al siglo VI a.C. en Grecia. Se trataba de una línea de unos tres kilómetros la cual se utilizaba para transportar botes sobre plataformas a lo largo del istmo de Corinto. Las plataformas eran impulsadas por los esclavos, y esta línea se mantuvo en funcionamiento más de 600 años.

Para ver reaparecer los ferrocarriles en Europa tenemos que esperar hasta mediados del siglo XIV, donde aparece en una vidriera de la catedral de Friburgo de Brisgovia, Alemania. En el año 1515 un cardenal austriaco definió el que vino a ser el primer funicular de la historia, instalado en un castillo. La línea utilizaba unos carriles de madera y era accionada mediante una cuerda tirada por fuerza humana o animal.

Es a partir del año 1550 cuando, las líneas de de vía estrecha con carriles de madera, comienzan a generalizarse en las minas europeas. Los vagones de maderas son utilizados para transportar los minerales desde las minas hasta canales donde eran enviados por medio de embarcaciones.

Hasta el año 1768 no aparece la primera línea de ferrocarril que utiliza hierro en las vías. Esto permitió que se produjera avances en el diseño de nuevos aparatos más complejos. En 1790 aparece la primera línea con vías completas en acero en Reino Unido. En 1803 se inauguro en el sur de Londres la primera línea de ferrocarril público tirado por caballos. La invención del hierro forjado mejoro mucho las condiciones de las vías y los problemas que tenían de fragilidad y longitud, aunque la aparición del acero supuso el fin de las vías de hierro.

El desarrollo del motor de vapor impulso la idea de construir locomotoras que pudiesen arrastrar trenes por las líneas. Las primeras inventadas tuvieron muchos problemas por lo pesados que eran los motores. En 1811 se presento la primera locomotora funcional, que rápidamente se extendió por Europa.

Hasta 1830 no se construyo la primera línea de ferrocarril interurbano, que unía Manchester con Liverpool. El ancho que utilizaban estas vías era de 1.435m, que se conoce actualmente como ancho internacional, ya que es utilizado en más del 60% de los ferrocarriles actuales.

En los años siguientes, el éxito de las locomotoras de vapor hizo que el ferrocarril se extendiera por todo el mundo.

Para ver la primera locomotora eléctrica tenemos que esperar hasta 1838, al cual se le implantaron unas baterías y conseguía alcanzar una velocidad de 6,4km/h. El primer ferrocarril eléctrico en la vía fue un tranvía en 1883 en el norte de Irlanda, y la primera línea de ferrocarril convencional fue en Suecia en 1890. En esta época las ciudades más importantes europeas comenzaron a hacer líneas de metro utilizando esta tecnología. Durante muchos años el metro y el tranvía fueron el único medio de transporte público que operaba en las ciudades.

Volviendo a las locomotoras de vapor, hay que decir que tenían un coste de mantenimiento muy elevado, y con la segunda guerra mundial, el precio de la mano de obra se disparó, lo que hizo que la tracción a vapor se encareciera considerablemente con respecto al resto. Al mismo tiempo, la guerra impulso el desarrollo de los motores de combustión, lo cual fue un avance en el campo de las locomotoras. La mayoría de las empresas ferroviarias comenzaron a sustituir las locomotoras no electrificadas por locomotoras diesel.

Tras la guerra se produjo una producción masiva de autopistas, esto unido a los avances en el transporte aéreo, hicieron que el ferrocarril perdiera popularidad en los traslado de corta y larga distancia. Muchos tranvías fueron sustituidos por autobuses y la necesidad de transbordar mercancías hizo bajar la rentabilidad de los transportes de media distancia.

En 1964, se inaugura en Japón la primera línea de alta velocidad ferroviaria, con el fin de resolver el problema de los desplazamientos entre las pobladas ciudades del país. Esta tecnología no tardo en extender a países como Francia, España y Alemania, lo que hizo recuperar al viajero interurbano.

La introducción de contenedores contribuyo en gran medida a la mejora del transporte de mercancía vía tren, supuso un aumento de la rentabilidad y fue clave para la aparición del transporte intermodal.

3.2. Panorama actual

3.2.3 Estado de la red ferroviaria española

La red ferroviaria española comenzó a tejerse hace 159 años con la creación de la primera línea que unía Madrid con Albacete. Durante este periodo ha sufrido una gran evolución, tanto en crecimiento como, desgraciadamente, en decrecimiento, el cual tuvo su triste año en 1985, año en el que se cerraron más de 900 kilómetros de vías.

Una característica particular de las vías españolas es el ancho, el cual se denomina ancho ibérico ya que es el utilizado en la mayoría de las vías de España y Portugal. El ancho ibérico tiene 1,668 metros de distancia entre raíles, a diferencia del ancho

normal europeo, ancho adoptado por la mayoría de los países de la comunidad europea, que tiene un ancho de 1,435 metros. Esta medida de utilizar un ancho mayor se adoptó para poder aumentar la velocidad sin comprometer la estabilidad de las locomotoras.

Con el transcurso de los años se demostró que la introducción de un ancho de vía más grande de lo habitual constituía un grave problema que obstaculizaba las relaciones económicas españolas con el resto de Europa, puesto que para que las mercancías, y también las personas, pudieran pasar a Francia en ferrocarril era indispensable la realización de transbordos en las fronteras. Pero en España, en lugar de modificar las vías como se hizo en países como Holanda, se continuó con el ancho ibérico. No obstante, el problema fue en parte paliado en la década de 1960, cuando se introdujeron los primeros cambiadores de ancho, que no son más que una maniobra automática o semiautomática que permite modificar el ancho de vía de un vehículo ferroviario.

Actualmente la red ferroviaria española está compuesta por un total de 14.094,7 km de líneas de los que 5.285,4 km (el 37,50 %) son de vía doble, y 8.731,4 km (el 61,95 %) están electrificados.

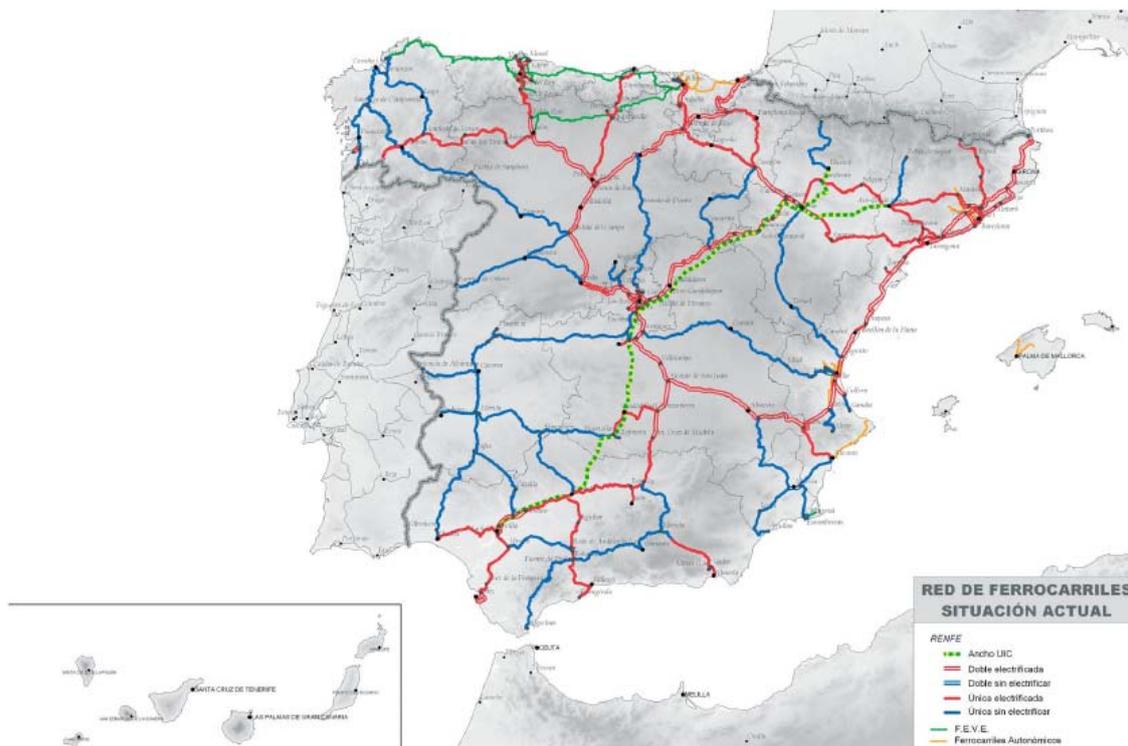


Grafico 3.1: Mapa de la situación actual de la red ferroviaria española, Fuente: ADIF

A continuación podemos ver las longitudes disponibles en función al servicio que prestan, diferenciando entre la red convencional y la red de alta velocidad.

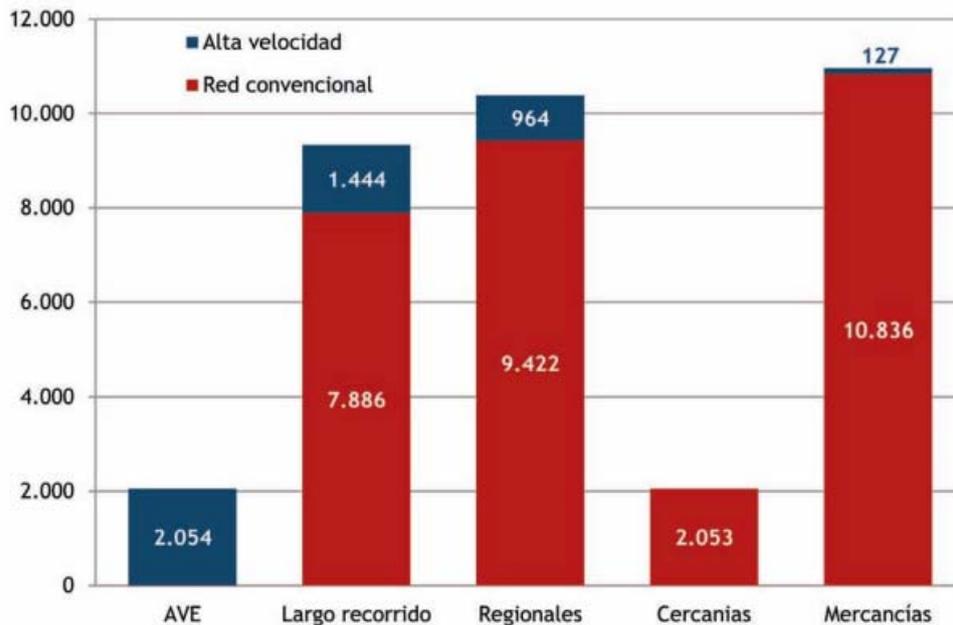


Gráfico 3.2: Longitudes de líneas en función del servicio prestado, Fuente: ADIF

3.2.2 Transporte de mercancías por medio del ferrocarril

El sector del transporte y almacenamiento tiene un carácter estratégico y tiene una incidencia importante en la economía española. En el año 2013 este sector ocupó al 4,3% de la población ocupada nacional.

El transporte de mercancías en España, según el ministerio de fomento, representa aproximadamente unas 1500 millones de toneladas, de las cuales tan solo 31 son transportadas por ferrocarril. Esto supone un porcentaje que a duras penas sobre pasa el 2%, sin embargo la media de los países europeos se sitúa en torno al 17%, llegando incluso a alcanzar el 22% del volumen de desplazamientos de mercancías, como es el caso de Alemania.

Es evidente que en España predomina el transporte por carretera, y dicho dominio aumenta cada año. El uso del ferrocarril para el transporte terrestre disminuye año a año a diferencia de nuestros países europeos.

El negocio ferroviario es intensivo en consumo de capital, con ratios de la inversión no muy claros y el tiempo de maduración muy largo, con lo cual las decisiones de inversión tardan años en materializarse.

3.2.3 Transporte intermodal

Se define transporte intermodal como el movimiento de bienes en una misma unidad de carga, que usa sucesivamente varios modos de transporte sin manejo de la carga

en los cambios de modos. Hay que recalcar la importancia de que la carga permanece intacta sin ninguna transformación desde que sale hasta que llega a su destino.

La cadena de transporte intermodal es la secuencia de modos y nodos de transporte para el movimiento de la carga desde su origen a su destino. Los modos de envío se conectan en los nodos en tres niveles:

- Nivel físico o infraestructural, por el cual se dota de capacidad a espacio e instalaciones para acoger distintos tipos de tráfico de materia móvil
- Nivel funcional, por el cual se compatibilizan servicios con sus propios costes, tiempo, frecuencias y modelos de gestión y organización
- Nivel de conocimiento, por el cual se ordena, genera y difunde la información asociada a la cadena y su entorno.

Es importante una buena gestión de la información para que no se produzcan errores en los cambios de modos.

En el transporte intermodal existen tres etapas diferenciadas:

- Acarreo terrestre o drayage, que consiste en el desplazamiento de la unidad de carga, mediante carretera, desde el origen hasta la terminal portuaria o ferroviaria.
- Transbordo en la terminal, donde se realiza el cambio de un modo a otro, utilizando para el movimiento de la carga grúas o puentes móviles.
- Trayecto principal, es el de mayor distancia y se puede ser realizado en tren o barco. De él va depender de la rentabilidad de utilizar la intermodalidad o no.

Una consideración importante son los HUBs se denominan a HUBs a los grandes centros logísticos con importantes volúmenes de cargas diaria. En España existen varios HUBs logísticos, como por ejemplo el puerto de Algeciras o el de Valencia. Para que nos hagamos una idea, un HUBs importante como el puerto de Rotterdam mueve una cantidad 27.5 millones de contenedores al año.

El transporte intermodal cobra realmente importancia en los desplazamientos de larga distancia. Existen varios factores a la hora de decantarse por un transporte modal o intermodal, entre ellos están el coste, el tiempo de transito, la flexibilidad, la puntualidad y la seguridad. La mayoría de las veces lo que determina la elección es el coste que supone, y ahí toma un importante papel la distancia a recorrer.

Existen numerosos estudios que relacionan la distancia con el coste, y aproximadamente podemos afirmar que la distancia a partir de la cual el transporte intermodal tiene sentido económicamente hablando son unos 700 Km.

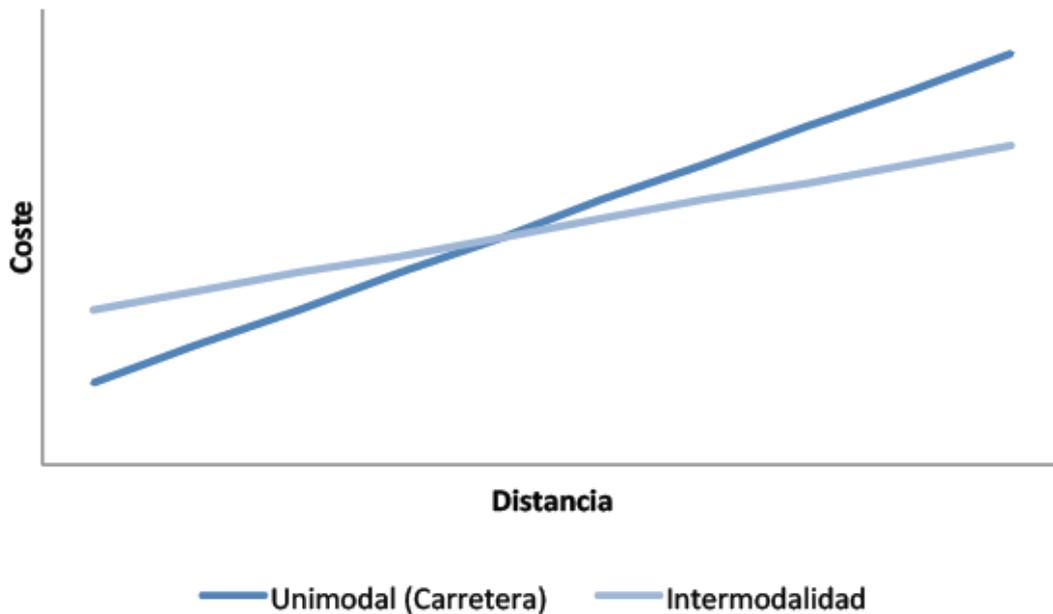


Gráfico 3.3 Coste del transporte en función de la distancia recorrida

3.3. Regulación del transporte ferroviario de mercancías

La Ley 39/2003, del Sector Ferroviario y su Reglamento aprobado por Real Decreto 2387/2004 son los instrumentos normativos clave para los Ferrocarriles españoles de Interés General. Años después de su entrada en vigor, la Ley 39/2003 ha sufrido modificaciones de interés para la gestión de las Terminales Ferroviarias, contenidas en la Ley 25/2009, de Modificación de diversas Leyes para su adaptación a la Ley sobre el Libre Acceso a las Actividades de Servicios y su Ejercicio.

En cuanto a los sistemas ferroviarios que son competencia de las Comunidades Autónomas, éstas han promulgado también sus propias Leyes, la Comunidad Autónoma del País Vasco (Ley 6/2004), la de Cataluña (Ley 4/2006) y la de Andalucía (Ley 9/2006).

3.4. Ventajas e inconvenientes

3.4.1. Ventajas

Son muchas las ventajas que presenta el transporte de mercancías por medio de ferrocarriles. A continuación hacemos referencia a las más relevantes:

- Ahorro de los tiempo por carretera debido a una reducción de la congestión de las carreteras.

- Mejora de los servicios logísticos en general y creación de una mayor competencia para las empresa dedicadas al transporte.
- Disminución de los accidentes de tráfico en carretera, lo cual implica el descenso de víctimas por dichos accidentes.
- Favorece al medio ambiente en cuanto a la reducción de emisiones de CO₂.
- Impacto económico de las zonas afectadas, debido a la creación de infraestructuras que generaran puestos de trabajo, tanto durante la construcción como durante su funcionamiento.
- Favorece la práctica del transporte intermodal, el cual está a la orden del día.
- Mejora de las relaciones comerciales con Europa, ya que el transporte por ferrocarril esta infinitamente más desarrollado que en España.

3.4.2. Inconvenientes

No solo son ventajas lo que nos brinda el transporte ferroviario, se comentan algunas de las trabas que nos encontramos a la hora de conseguir una buena implantación de este tipo de transporte.

- El altísimo coste que tienen la implantación de infraestructuras de este tipo.
- Gran tamaño en volúmenes de carga, ya que la unidad de carga habitual es el contenedor.
- Menor flexibilidad de horarios que el transporte por carretera.
- Necesidad de infraestructuras eficientes en las zonas de recepción de cargas.
- Solo suelen rentables para grandes distancias
- Produciría una disminución del volumen de negocio de las empresas de transporte por carretera.

4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

4.1. Introducción

Se va aplicar la metodología a un caso concreto de un proyecto de una infraestructura ferroviaria que discurrirá por cuatro comunidades autónomas: Cataluña, Comunidad Valenciana, Murcia y Andalucía, y por 11 provincias, lo cual supone un 18% de la superficie del estado español. A su vez estas provincias suponen cerca del 40% de la población y del PIB nacional, y hay que apuntar que abarcan el 50% del transporte terrestre de mercancías en toda España. Este corredor parte desde la frontera francesa hasta el puerto de Algeciras.

Para simplificar el proceso se va estudiar solo la conveniencia o no de realizar el proyecto, tomando como alternativa no realizarlo.

Definición de la infraestructura

La infraestructura que se ha decidido construir es una línea de alta velocidad, la cual está diseñada para alcanzar velocidades de hasta 350 km/h, dicha velocidad es muy elevada para los trenes de mercancía actuales, pero se acometerá a si con vistas a un futuro en el que se esperan grandes avances en el mundo de la maquinaria.

Como uno de los principales motivos de este proyecto es mejorar la conexión comercial con Europa, se ha decidido utilizar el ancho de vía estándar (1.435 metros), medida que resultara muy beneficiosa al no tener que realizarse cambios de trenes ni paradas en estaciones de adecuación de carril.

Otra característica de la infraestructura es que en todos los tramos la vía será doble, ya que con la realización de este proyecto se esperan aumentos en la cuota de utilización del ferrocarril como medio de transporte de mercancías. Dicha vía se asentara sobre una plataforma de 14 metros de ancho, con 4,7 metros de separación entre vías, y se ha propuesto la utilización del carril tipo UIC 60.

La línea propuesta se va componer de los siguientes tramos:

- Perpiñán-Figueras: 45 km
- Figueras-Barcelona: 131 km
- Barcelona-Tarragona: 105 km
- Tarragona-Vandellós: 30 km
- Vandellós-Valencia: 207 km
- Valencia-Alicante: 158 km
- Alicante-Murcia: 129 km
- Murcia-Almería: 199 km

- Almería-Málaga: 203 km
- Málaga-Algeciras: 130 km

Sumando cada uno de los tramos nos queda una cantidad de 1337 km de vía doble.

La realización de este corredor supondrá un fuerte aumento de la demanda de este medio de transporte. En la actualidad el volumen de mercancías, medido en TEUS, que se mueve en los puertos españoles son: Barcelona 1.800.213, Tarragona 221.203, Valencia 3.653.890, Alicante 132.059, Málaga 289.871 y Algeciras 3.043.268. En principio el análisis se realizará en función a la demanda de transporte de contenedores actual, pero en el análisis de sensibilidad estudiaremos como responde nuestro proyecto ante un más que probable aumento del volumen de contenedores en nuestros puertos.

4.2. Análisis económico tradicional

Inversión

En este apartado se incluyen todos los costes implicados en la puesta en marcha de la infraestructura, como por ejemplo, el coste de los materiales, de la obra, de los salarios, la maquinaria...etc.

Al tratarse de una obra de tal envergadura, para poder calcular con exactitud los costes de implementación del corredor, serian necesarios numerosos estudios. En este caso vamos a estimar los costes de inversión fijándonos en una línea de alta velocidad, como es la línea que une Madrid – Zaragoza – Barcelona, ya que es relativamente actual y las condiciones del terreno por el que discurre se puede asemejar al de nuestra aplicación. En la línea mencionada anteriormente se terminó con un coste medio de 12,19 millones de euros por kilometro de vía construido. Dentro de ese valor medio lo podemos desglosar en 4 partidas:

- Planificación y preparación del terreno
- Material de la infraestructura, aquí se incluyen los raíles, traviesas, catenarias, señalización, etc.
- Costes de construcción
- Otras partidas

En nuestro caso la longitud del corredor asciende a 1337km lo cual supondría una inversión de 19.720,61 millones de euros.

INVERSION		
	€/km	€
Planificación y Preparación del terreno	1.219.000	1.629.803.000
Costes de construcción	6.095.000	8.149.015.000
Material infraestructura	1.219.000	1.629.803.000
Otras partidas	3.657.000	4.889.409.000
TOTAL	12.190.000	16.298.030.000
TOTAL + IVA	14.749.900	19.720.616.300

Tabla 4.1. Inversión Total

Costes de explotación

Para calcular los costes de explotación se van a diferenciar dos partidas, los costes fijos y los variables.

Costes variables

Estos costes dependen directamente de la cuota de utilización de las vías.

El proceso de estimación de los kilómetros que van a ser recorridos por las vías del corredor es el siguiente:

- 1- Se considera que el 50% de los contenedores que lleguen a los puertos españoles por los que pasa el corredor van a ser transportados por medio del ferrocarril. Tomando los datos de dichos puertos españoles llegamos al número que van a ser transportados:

Volumen de TEUS en puertos españoles	
Barcelona	1.800.213
Tarragona	221.203
Valencia	3.653.890
Alicante	132.059
Málaga	289.871
Algeciras	3.043.268
TOTAL	9.140.504
Transportados por el corredor	4.570.252

Tabla 4.2. Volumen de Contenedores

- 2- Teniendo en cuenta que la longitud máxima permitida de trenes de mercancía en España solo permite la carga de 80 TEUS, se obtiene el dato de 57.128 desplazamientos para abarcar todos los contenedores calculados en el punto anterior
- 3- Por último se considerará que todos los trenes realizan el recorrido completo de 1337 kilómetros que tiene el corredor, quedando la cantidad de 76.380.337 kilómetros recorridos.

Una vez que tenemos los kilómetros estimados, para calcular los costes variables de operación, se tomaran los costes que se producen en la línea Madrid-Barcelona por la circulación de trenes de mercancía. Dicho coste es debido a la energía consumida en concepto de electricidad. Estos costes se estiman que son 14% de los costes de circulación lo cual asciende a 1.24€/km*tren, quedando un total de 94.849.337€/año.

Costes fijos

Esta serie de costes, en los que incurre el corredor, son independientes de la utilización de la infraestructura.

Mantenimiento

Para estimar estos costes vamos a seguir fijándonos en los datos de 2013 de la LAV Madrid – Zaragoza – Barcelona. En primer lugar los costes de mantenimiento de las vías ascienden a 37.386 €/km, a esto tenemos que añadir el coste de mantener las catenarias que son 6.723 €/km, los costes de mantenimiento de señalización y seguridad suman 35.398 €/km y por último el coste de mantener en buen estado los medios de telecomunicación son 11.779 €/km.

Personal

Para el correcto funcionamiento de una infraestructura ferroviaria se han estimado que son necesarios 100 operarios. El sueldo de un operario de estas características supone para una empresa un coste de 40.000 €/año.

Seguros

Un coste habitual asociado a este tipo de infraestructuras es el de los seguros. Este coste se suele estimar como un porcentaje de la inversión realizada. La función de este tipo de seguros es hacer frente a posibles costes producidos por averías de

maquinaria o costes asociados a un mal funcionamiento de la red. En este caso se ha determinado que el porcentaje sea 0,01%, quedando la cifra de 197.206.163€ al año.

COSTES			
Costes de operación	€/km tren	1,24	94.849.102
COSTES VARIABLES	€/año		94.849.102
Mantenimiento vías	€/km año	37.386	49.985.082
Mantenimiento Catenarias	€/km año	6.723	8.988.651
Mantenimiento Señalización y Seguridad	€/km año	35.398	47.327.126
Mantenimiento Telecomunicaciones	€/km año	11.779	15.748.523
Personal	€/operario año	40.000	4.000.000
Seguros	% inversión total	0,01	197.206.163
COSTES FIJOS	€/año		323.255.545
COSTES TOTALES	€/año		418.104.647

Tabla 4.3. Costes de explotación

Ingresos

Los ingresos de este proyecto van a venir determinados por los cánones de utilización de las vías. Anteriormente se ha calculado aproximadamente los desplazamientos esperados, teniendo en cuenta los aumentos de las demandas que se esperan. Una vez que sabemos los volúmenes de desplazamientos que se producirán, queda conocer los cánones que se aplicaran a los trenes que hagan uso de la infraestructura. Son varios los cánones que se aplican a la hora de determinar el coste de un desplazamiento:

- Canon por circulación, es una cantidad que se abona por kilómetro recorrido en un viaje. En líneas de alta velocidad para trenes de mercancías se estima $8,87\text{€}/\text{€}/\text{km}*\text{tren}$.
- Canon por reserva de capacidad, se aplica en función de los kilómetros de vía reservados a la hora de realizar un desplazamiento. El valor medio aplicado por esta reserva es de $0.57\text{€}/\text{km}*\text{tren}$.
- Canon por utilización de estaciones y servicios, el cual está calculado también por kilómetro recorrido, y asciende a $1,31\text{€}/\text{km}*\text{tren}$

INGRESOS		
	€/km*tren	€
Ingresos circulación	8,87	677.493.585
Ingresos uso estaciones	1,31	100.058.241
Ingresos por reserva de capacidad	0,57	43.536.792
TOTAL		821.088.618

Tabla 4.4. Ingresos de explotación

Amortización técnica de la infraestructura

Las condiciones de amortización están reguladas por ley, el periodo de amortización elegido son 30 años y el tipo será lineal. Lo que quedaría una cantidad a descontar anual de:

Inversión	Años	Amortización anual
€		€/año
16.298.030.000	30	543.267.667

Tabla 4.5. Amortización de la inversión

Plan de negocio

Un plan de negocio depende de las variables de entrada, las cuales condicionan los resultados y en función de la hipótesis que se haga de la evolución de estas variables en el tiempo se tendrá un riesgo mayor o menor de aproximación a la capacidad de generar fondos del proyecto.

Las principales variables que afectan a la rentabilidad del proyecto son:

- Evolución de los Ingresos: Variable que depende del número de desplazamientos que se produzcan y de la evolución del precio por kilómetro. En cuanto al precio por kilómetros vamos a utilizar una evolución de acuerdo a la inflación, la cual suponemos que se incrementara en un 3% anual.
- Evolución de los costes de explotación: Como hemos visto anterior mente se divide en variables y fijos, pero al fin y al cabo la variación de los mismos se reduce a la variación de la inflación y de la demanda de desplazamientos.

Indicadores de rentabilidad del negocio

En el análisis de inversiones, para evaluar los resultados de un proyecto se hace uso de los tres indicadores fundamentales:

- VAN: Valor Actual Neto, que permite determinar la valoración de una inversión en función de la diferencia entre el valor actualizado de todos los cobros derivados de la inversión y todos los pagos originados por la misma a lo largo del plazo de la inversión. Si se actualizan todos los flujos de caja al presente se conoce cuál es el valor que esa inversión tiene para el inversor.
- TIR: Tasa interna de retorno, que se define como el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión o, como otros autores la conceptualizan, la tasa de descuento que hace que el VAN sea cero.
- Pay-Back: Tiempo que requiere un proyecto para que los flujos de caja esperados, actualizados al presente, iguallen el capital inicial invertido, en otras palabras, el tiempo necesario para recuperar la inversión.

Por tanto lo deseado para cualquier inversor es que el VAN y TIR sean lo mayor posible, mientras que el Pay-Back todo lo contrario, es deseable que sea corto.

Cuadros de cálculo

PERDIAS Y GANACIAS	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017
Inflación Acumulada	1	1,03	1,06	1,09
Ingresos de explotación	0	845.721.276	871.092.915	897.225.702
Gastos de explotación	0	430.647.786	443.567.220	456.874.237
EBITDA	0	415.073.490	427.525.695	440.351.466
Amortización	0	543.267.667	543.267.667	543.267.667
EBIT	0	-128.194.177	-115.741.972	-102.916.201
Aplicación de subvenciones	5.521.772.564	0	0	0
BAI	5.521.772.564	-128.194.177	-115.741.972	-102.916.201
Impuestos	0	0	0	0
Crédito fiscal		44.867.962	85.377.652	121.398.322
BDI	5.521.772.564	-128.194.177	-115.741.972	-102.916.201

Tabla 4.6 Cuenta de Pérdidas y Ganancias de los primeros cuatro años

CASH FLOW	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017
EBITDA	0	415073490,1	427525694,8	440351465,7
Variaciones de circulante	0	0	0	0
CF Operativo	0	415073490,1	427525694,8	440351465,7
Inversión	-16.298.030.000	0	0	0
CF del Proyecto A.I.	-16.298.030.000	415.073.490	427.525.695	440.351.466
Impuestos	0	0	0	0
CF del Proyecto D.I.	-16.298.030.000	415.073.490	427.525.695	440.351.466
RENTABILIDAD ESPERADA				
VAN-E	-7.558.563.562 €			
TIR-E	1%			
PAY-BACK-E	28,66 años			

Tabla 4.7. Flujos de Caja y Rentabilidad Económica de la inversión de los primeros cuatro años

Como se puede apreciar en los resultados, el proyecto económicamente no es viable. Se trata de un proyecto de infraestructura y como en la mayoría de proyectos de este tipo se persiguen otros intereses. Particularmente en este proyecto se persigue una mejora del transporte terrestre de mercancías a nivel nacional, y una mejora de las relaciones comerciales con el resto de países europeos. Lo cual a indirectamente, si cumple su cometido, es una manera de generar ingresos en una comunidad.

En el siguiente apartado del proyecto se mostraran otro tipo de beneficios que aporta el proyecto en su conjunto que, visto desde el punto de vista de un Estado que se decide por acometer dicho proyecto, puede decidir que es provechoso para la sociedad.

4.3. Aplicación del análisis coste-beneficio

En este proyecto el análisis se va realizar con respecto a la situación actual en el que no existe el corredor, solo algunas líneas, dedicadas en su mayoría al transporte de pasajeros, y el transporte de mercancías se realiza fundamentalmente por carretera.

Esta sería la comparativa respecto a la alternativa “do nothing”, mientras que una alternativa posible, del tipo “do minimum” podría ser, por ejemplo, una serie de

modificaciones en las vías y estaciones ya existentes que facilitarían el transporte de mercancías por ferrocarril.

La aplicación de este análisis se divide en 3 partes:

- Etapa 1: Correcciones fiscales (impuestos y subvenciones)
- Etapa 2: Corrección de externalidades
- Etapa 3: Conversión de los precios de mercado a precios sombra para integrar los costes y beneficios sociales mediante factores de conversión.

4.3.1 Etapa 1

En este apartado tenemos que considerar las posibles subvenciones que los Fondos Europeos aportarían para la realización del proyecto. Para que nos hagamos una idea, la línea Madrid-Zaragoza-Barcelona-Frontera francesa, obtuvo una subvención del 28% de los costes de infraestructura, cantidad que ascendía a 3.460 M€.

Teniendo en cuenta que la realización de este proyecto supone una importante mejora con respecto a las relaciones comerciales con el resto de la Unión Europea, vamos a considerar que recibimos ese mismo porcentaje de subvención, que nuestro caso sumarían la cantidad de 6.794 M€.

Los bienes intermedios a los que habría que descontar en este caso los impuestos indirectos y el IVA son:

- Seguros: Al cual se le descontará el 18% correspondiente al IVA del coste anual.
- Consumo de energía eléctrica: El impuesto eléctrico es de 5,1127%, en nuestro caso se descontara de la partida de costes operativos los cuales representa el consumo eléctrico de los trenes.

4.3.2 Etapa 2

Tenemos que tener en cuenta, a la hora de evaluar las externalidades de un proyecto, que no todas podrán ser cuantificadas económicamente de manera que se puedan contabilizar en la tabla del análisis de coste beneficio, lo cual repercute en los indicadores de rentabilidad. Como se ha comentado anteriormente, si no es posible la cuantificarla, se debe valorar cualitativamente de forma que sea una herramienta más a la hora de tomar decisiones.

Beneficios no cuantificables

-Generación de puestos de trabajo, como cualquier obra de infraestructura tiene un fuerte impacto a la hora de crear puestos de trabajo, y más si se trata de de una línea de ferrocarril de esta envergadura. Para que nos hagamos una idea, los datos recogidos por la empresa Accenture en su estudio del impacto económico de la línea de LAV Madrid-Barcelona-Frontera francesa, fue responsable de directa de la creación de más de 113.000 empleos y su explotación supone más de 32.000 nuevos puestos de trabajo, lo que genera una riqueza global de unos 7.700 millones de euros.

-Desarrollo de las zonas por las que pasa el corredor, el hecho de ser parada de una línea de transporte de mercancías supone un beneficio considerable para la comunidad. En primer lugar la utilización de los puertos aumentará de manera elevada ya que existirá una mayor facilidad de transporte que generará la llegada de más mercancía. Además del desarrollo de los puertos, es posible que empresas relacionadas con la logística creen sedes cercanas a nuestras estaciones.

-Mejora de las relaciones comerciales con Europa, este beneficio sea posiblemente el más difícil de medir y a su vez el mayor. Que España mejore sus relaciones con resto de países de la comunidad europea supone bastante si tenemos en cuenta que un tercio de las exportaciones españolas son destinadas a Europa. En España, las exportaciones, suponen un 33% del PIB, tendencia que está aumentando en los últimos años, y que parece ser que es el motor que puede hacernos salir de la crisis.

Beneficios cuantificables

Con respecto a los beneficios cuantificables se van a calcular comparándolo con la alternativa actual del ferrocarril en cuanto a transporte terrestre se refiere, el transporte por carretera. A continuación se van explicar, ayudándonos del informe (INFRAS/IWW, 2004), los principales costes externos de la implantación de una infraestructura relacionada con el transporte:

- Accidentes

Los costes externos de los accidentes son los costes incrementales de un accidente soportados por la sociedad en su conjunto, incluyendo víctimas, familia y amigos, impuestos por aquellos que causan el accidente. Pueden incluir los daños causados a los vehículos, a la infraestructura, a la propiedad, los costes de policía, emergencia, sanitarios, administrativos, funerales, psicológicos y el valor asociado a la pérdida de vidas.

En el informe (INFRAS/IWW, 2004) se valoran los fallecimientos en accidentes en diecisiete países europeos (EUR-17) en 1,5 millones de euros. A los heridos graves y leves se les asigna respectivamente un coste de 200.000 y 15.000

euros. Esta valoración no tiene en cuenta el coste psicológico (dolor y sufrimiento de familiares, amigos y heridos). Sí que se consideran, a través de una estimación, los accidentes no declarados. Tampoco se incluyen los costes producidos en los accidentes a personal que trabaja a bordo de trenes y aviones. Los costes se asignan a cada modo en función de la responsabilidad del accidente.

COSTES	MUERTES	HERIDOS
Vida humana	Perdida de utilidad de la víctima, sufrimiento de amigos y familiares	Dolor y sufrimiento de las víctimas, amigos y familiares.
Perdida de capital humano	Perdida de la producción neta debido a la reducción de la vida laboral	
Atención Sanitaria	Costes médicos no cubiertos por el seguro	
Costes administrativos	Costes de policía, administración de justicia y seguros no cubiertos por el causante del accidente	
Daños a la propiedad	Aquellos no cubiertos por el seguro del individuo envuelto en el accidente	

Tabla 4.8. Costes externos de los accidentes, Fuente (INFRAS, 2004)

- Cambio climático y contaminación atmosférica

Los principales impactos que las emisiones de gases y partículas de los motores de los vehículos producen sobre el medioambiente son el cambio climático y la contaminación atmosférica.

La contaminación atmosférica producida por el transporte tiene impactos a nivel local, regional y global:

-La contaminación local tiene efectos sobre las personas (por ejemplo, produciendo enfermedades respiratorias), sobre los materiales (causando daño a los edificios) y la vegetación

-Los impactos a nivel regional son los causados por la lluvia ácida y el ozono.

-A nivel global los impactos tienen que ver con la progresiva acumulación de los gases de efecto invernadero, que producen el cambio climático.

Para su valoración, el estudio de (INFRAS/IWW, 2004), considera los costes asociados a la salud, daño a los edificios y materiales y pérdidas en las cosechas.

- Ruido

La mayor parte del ruido al que están sometidos los habitantes de la unión europea es producido por la actividad del transporte. Además, el continuo crecimiento del volumen de tráfico en todos los modos, así como la extensión del ámbito afectado está agravando el problema.

El ruido es considerado un coste externo importante, especialmente en las áreas urbanas. Estimar el coste del ruido no es fácil, ya que su nivel de afección depende de multitud de variables (intensidad, regularidad y tipo de tráfico, distancia a la fuente emisora, etc.).

La mayoría de los estudios lo que hacen es evaluarlos mediante un método de disposición a pagar para reducir el ruido. La percepción más negativa del aumento del ruido tiene lugar cuando el nivel de ruido preexistente es bajo. Cuando el nivel existente es alto, incrementos posteriores afectan menos a la población.

- Efectos indirectos

Se refieren a los costes externos asociados a la puesta a disposición de la fuente energética que cada modo de transporte utiliza.

En cuanto a la tracción eléctrica en el ferrocarril, los efectos indirectos dependen de la fuente de donde provenga. Los más importantes costes externos por efectos indirectos se producen cuando la electricidad se produce a partir de combustibles fósiles (en centrales térmicas) o en centrales nucleares.

Los efectos indirectos considerados en el estudio de (INFRAS, 2000) y (INFRAS/IWW, 2004) son la contaminación atmosférica, el efecto invernadero y el riesgo de accidente nuclear

- Naturaleza y paisaje

Las infraestructuras de transporte se sitúan en el entorno, y por lo tanto lo modifican de forma irreversible, generando unos costes fijos relacionados con aspectos como el efecto barrera, la intrusión visual y el deterioro del paisaje.

Para obtener una valoración de los efectos sobre la naturaleza y el paisaje, el estudio de (INFRAS/IWW, 2004) considera diversos aspectos, como pueden ser ocupación, afectación a la naturaleza, contaminación de suelo y agua, efecto barrera, intrusión visual, etc., estimando a continuación el coste de reparación y compensación por cada uno de ellos y por unidad de superficie afectada

- Efectos urbanos

El efecto barrera producido por las infraestructuras de transporte en el ámbito urbano se ha valorado a través de algunos estudios de detalle realizados en diversas ciudades. En estos estudios se tienen en cuenta efectos como los pasos a nivel con carreteras y ferrocarriles y la longitud de las redes dentro de las ciudades.

Tomando los valores procedentes del estudio de los costes externos del transporte en Europa (External Cost of Transport in Europe, Infrasy) y teniendo en cuenta el número de kilómetros que se van a recorrer se obtienen los siguientes resultados:

COSTES EXTERNOS MEDIOS EN EL TRASNPORTE DE MERCANCIAS			
	Carretera	Ferrocarril	Beneficio
	(€/1000tkm*año)	(€/1000tkm*año)	€
Accidentes	17	0,2	1.437.172.413
Cambio climático	14,9	0,9	1.197.643.677
Contaminación atmosférica	8,4	1,1	624.485.632
Ruido	2,6	0,2	205.310.345
Efectos indirectos	4,7	4,2	42.772.988
Naturaleza y paisaje	0,7	0	59.882.184
Efectos urbanos	0,9	0,1	68.436.782
TOTAL	49,2	6,7	3.635.704.020

Tabla 4.9. Beneficios cuantificables de las externalidades

4.3.3 Etapa 3

Para pasar los precios de mercado a precios sombra no hay una regla estándar, pero si disponemos de información y algunos ejemplos en los que basarnos a la hora de calcularlos. Los principales factores de conversión que se van a considerar en nuestro proyecto son:

- Construcciones: Para el cálculo del precio sombra total de la construcción de una infraestructura, en la Guía para el Análisis Coste-Beneficio de la Unión Europea, se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

El 30% del coste total representa la mano de obra no cualificada (el factor de conversión de la mano de obra no cualificada es 0,48), el 40% representa el coste de los materiales importados, correspondiendo un 23% a derechos de importación y un 10% a impuestos sobre las ventas ($fc = 0,75$), el 20%, los

materiales locales ($fc = 0,8$), y el 10%, los beneficios ($fc = 0$). El factor de conversión será:

$$FC = (0,3 \cdot 0,48) + (0,4 \cdot 0,75) + (0,2 \cdot 0,8) + (0,1 \cdot 0) = 0,60.$$

- Electricidad: se aplica una tarifa que cubre tan sólo el 40% del coste marginal de suministro de electricidad. Los componentes del coste no se desagregan y se asume que la diferencia entre los precios internacionales y los precios nacionales de cada componente de coste utilizado para producir una unidad marginal de electricidad es igual a la diferencia entre todos los bienes comercializables computados en el FCE

$$FC = 1/0,4 \cdot 0,8 = 2$$

- Mano de obra cualificada: el mercado no experimenta distorsión alguna. El salario de mercado refleja el coste de oportunidad para la economía.
- Mano de obra no cualificada: aunque la oferta supera la demanda, el salario mínimo es de 5 euros/hora. Sin embargo, en el sector rural, del que proceden los últimos trabajadores contratados, el salario es de tan sólo 3 euros/hora. El coste de oportunidad únicamente es el 60% del coste de la mano de obra no cualificada, quedando su factor de conversión **FC=0,6**
- Ingresos por servicios y Coste de operación: dada la dificultad del cálculo de estos factores, se ha optado por tomarlo de la publicación *Los precios sombras en España a partir del análisis input-output*, de Guadalupe Souto Nieves. Para los ingresos tomamos el valor **FC=2,09** y para los gastos operativos **FC=0,9**.

Una vez aplicadas las tres etapas de la metodología, se procede a realizar la tabla de cálculo del análisis de coste beneficio. Al igual que en análisis económico tradicional solo se va incluir los primero cuatro años para facilitar la visión de la tabla, estando la tabla completa en el Anexo A.

CASH FLOW	FC	Año 2014	Año 2015	Año 2016
Impuestos		0	0	0
Subvenciones		5.521.772.564	0	0
ET1 Correcciones fiscales		5.521.772.564	0	0
Accidentes			1.480.287.585	1.524.696.212
Cambio climático			1.233.572.987	1.270.580.177
Contaminación atmosférica			643.220.201	662.516.807
Ruido			211.469.655	217.813.745
Efectos indirectos			44.056.178	45.377.863
Naturaleza y paisaje			61.678.649	63.529.009
Efectos urbanos			70.489.885	72.604.582
ET2 beneficios externos			3.744.775.140	3.857.118.395
Ingresos explotación	2,09	0	1.767.557.468	1.820.584.192
Costes explotación	0,90	0	387.583.008	399.210.498
CF Operativo		5.521.772.564	5.124.749.600	5.278.492.088
Inversión	0,60	9.778.818.000	0	0
CF del Proyecto A.I.		-4.257.045.436	5.124.749.600	5.278.492.088
Impuestos		0	0	0
CF del Proyecto D.I.		-4.257.045.436	5.124.749.600	5.278.492.088
RENTABILIDAD ESPERADA				
VAN-G a 30 años		108.018.179.884 €		
TIR-G a 30 años		123%		
PAY-BACK-G		0,83 años		

Tabla 4.10. Flujos de caja y rentabilidad esperada Global de la inversión de los tres primeros años

4.4. Análisis de sensibilidad y de riesgos

Análisis de sensibilidad

Lo primero que tenemos que hacer es determinar que variables son más importantes a la hora de influir en los resultados. Estas variables serán las entradas del modelo que se va a simular.

En la simulación, las variables de salida serán el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Rentabilidad. Se han elegidos estas variables porque nos proporcionan una idea clara de cómo es de rentable, económicamente hablando, el proyecto.

El objetivo del análisis de sensibilidad es la selección de las variables y parámetros críticos del modelo, es decir aquellos que cuyas variaciones suponen un efecto más pronunciado en los valores finales del VAN y la TIR. Por tanto, en principio se contará con todas aquellas que influyan y luego se procederá a seleccionar las más importantes.

En este caso se han elegido las siguientes posibles variables:

DETERMINACION DE LAS VARIABLES CRITICAS	
Categorías	Variables
Parámetros del modelo	Tasa de descuento
Dinámica de precios	Inflación
Datos relativos a la demanda	Nº de TEUS transportados
Costes de inversión	Coste total de la inversión
Precios de explotación	Salarios, seguros, costes de mantenimiento
Precios ingresos	Precio de los cánones

Tabla 4.11. Determinación de las variables críticas

Para realizar el análisis de sensibilidad vamos a utilizar el programa Crystal Ball, y este es capaz de determinarnos mediante una simulación Monte Carlo la sensibilidad de nuestro modelo con respecto a las variables de entrada.

De esta forma se podrán seleccionar las variables más significantes en cuanto a variaciones en las salidas.

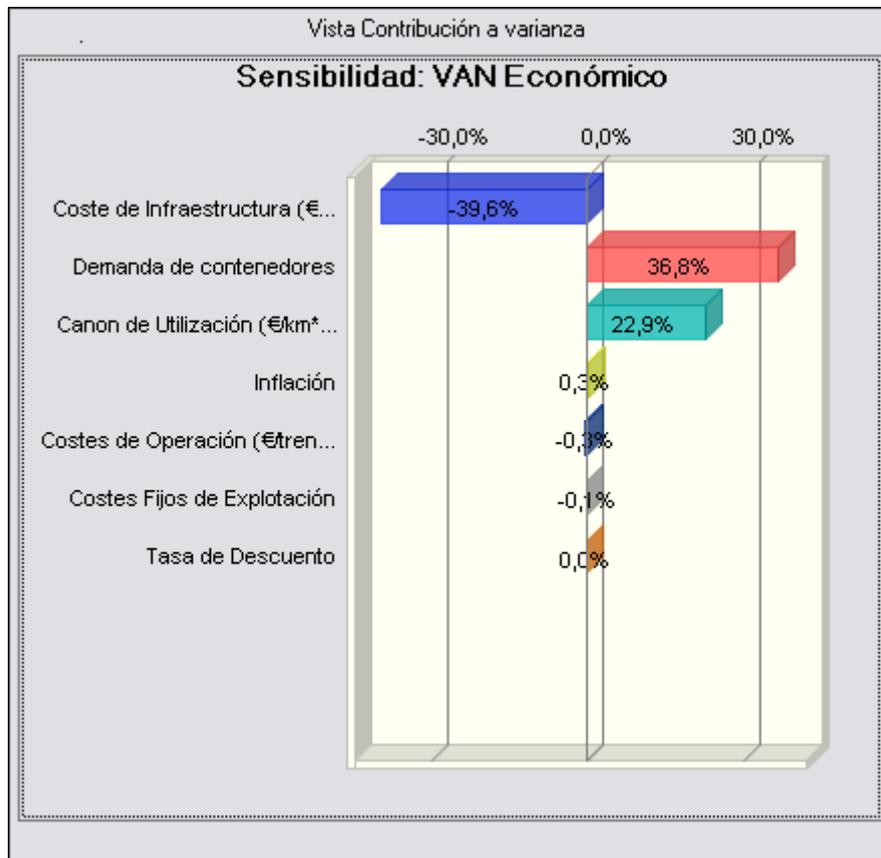


Gráfico 4.1. Sensibilidad del VAN-E

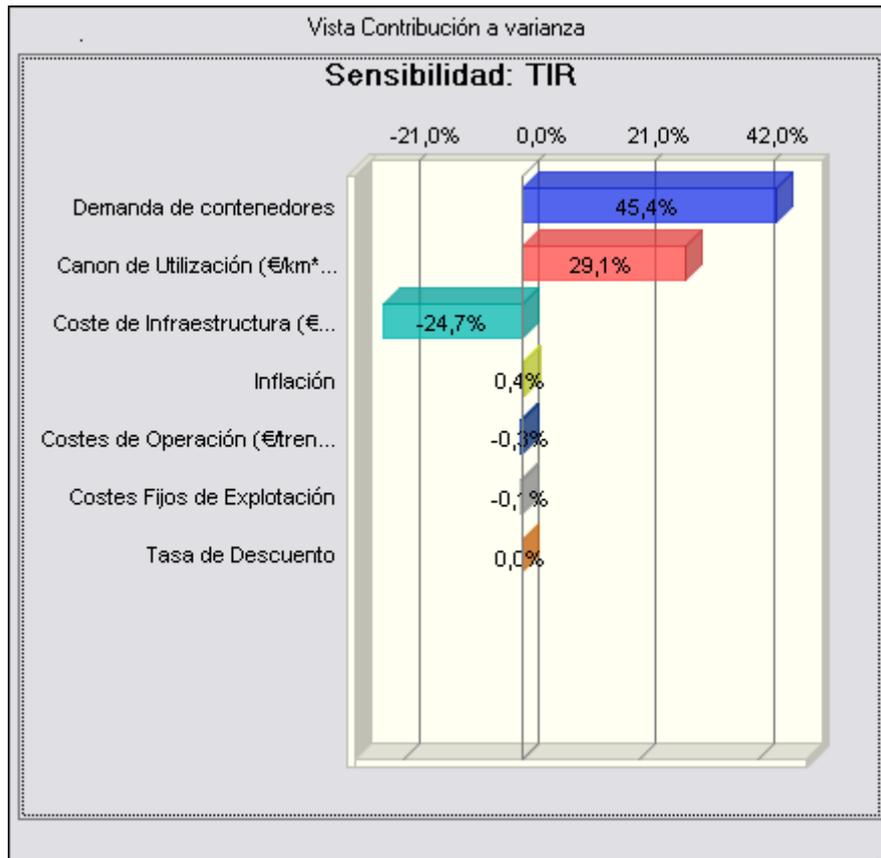


Gráfico 4.2. Sensibilidad de la TIR-E

Una vez obtenidos los gráficos se procederá a evaluar la sensibilidad de las variables de salida respecto a las de entrada.

Se observa que es determinante la dependencia de de tres factores como son la demanda de contenedores que van a ser transportados, el canon de utilización de las vías y el coste por kilometro de construcción de la infraestructura.

Los demás factores como la inflación, costes de operación y costes fijos de mantenimiento, vemos que no afectan prácticamente en la variabilidad de los indicadores financieros, por lo tanto sería de poca ayuda considerarlos más adelante.

Por lo tanto una vez, evaluadas las variables, se consideran críticas, lo cual implica que van a formar parte de análisis de riesgos, las siguientes:

- Coste de infraestructura
- Demanda de contenedores
- Canon de Utilización

Análisis de escenarios (determinista)

Debido a que el análisis de escenarios no sustituye ni al análisis de sensibilidad, ni al de riesgos, se ha decidido pasar directamente al análisis probabilista de riesgos sin tener que pasar por este procedimiento. Ya que nos tomaría mucho tiempo realizar manualmente lo que podemos hacer con esta herramienta informática.

Además hay que tener en cuenta que la complejidad del modelo de análisis coste-beneficio, aun con un número restringido de variables, tiene unas dimensiones excesivas para tratarlo directamente. Poniendo un ejemplo, para solo seis variables, las cuales podrían variar entre tres valores distintos (la estimación óptima y dos desviaciones, una positiva y otra negativa) el número de posibilidades que habría que estudiar serían 729, lo que parece un poco absurdo hacerlo a mano si disponemos de la herramienta Crystal Ball.

Análisis estocástico de riesgos

Para llevar a cabo el análisis es necesario que cada una de las variables que hemos determinado anteriormente, tengan asignada una distribución de probabilidad, las cuales estén definidas en torno al valor de estimación anterior.

Esta asignación se ha realizado en el paso anterior cuando realizamos la simulación para ver el análisis de sensibilidad de las variables.

Existen muchas distribuciones de probabilidad, y seguramente cada variable se ajuste mejor a una concreta. A continuación se muestran las diferentes distribuciones que se han asignado a cada variable:

Para el coste de la infraestructura se ha seleccionado una distribución normal, con una desviación estándar del 10%, dado que para la mayoría de los casos es la recomendada y es la que viene definida por el programa.

Sin embargo para la demanda de los contenedores se ha elegido una distribución triangular, tomando como valor medio el estimando anteriormente, que representaba el 50% de los contenedores que llegaban a los puertos por los que pasaba el corredor. Como valor mínimo de la distribución hemos fijado un 10% de la cantidad anterior y como valor superior un 50% más, esto es debido a que se espera que la demanda aumente conforme se asiente y estabilice el sistema de transportes.

Por último para el Canon de utilización, al igual que para los costes de infraestructura se ha fijado una distribución normal con desviación estándar del 10 %.

Quedando las 3 variables con las distribuciones de características:

Coste de infraestructura

Media: 12.190.000

Desviación estándar: 1.219.000

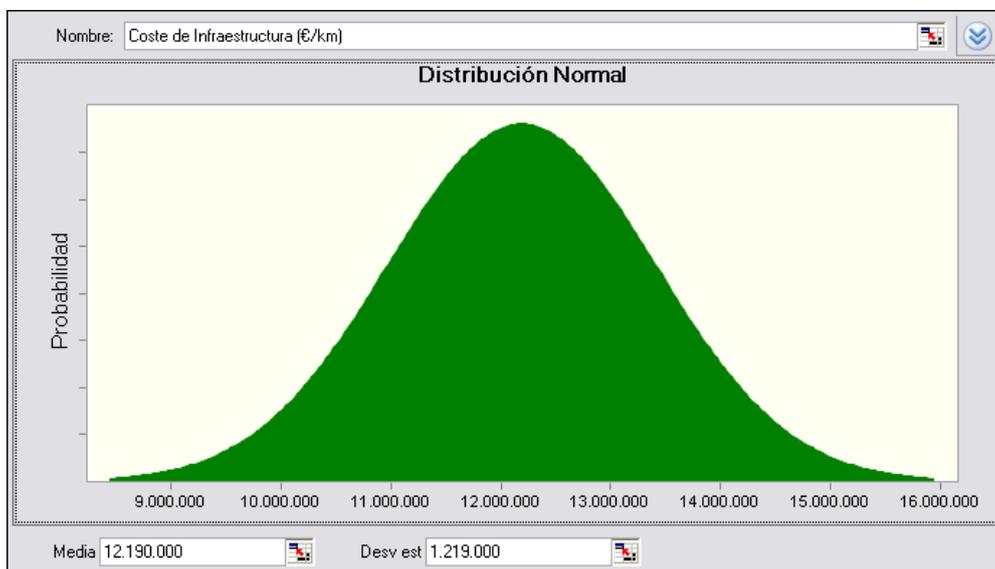


Gráfico 4.3. Distribucion del Coste de infraestutura

Demanda de contenedores

Media: 4.570.252

Valor mínimo: 4.113.227

Valor máximo: 6.855.378

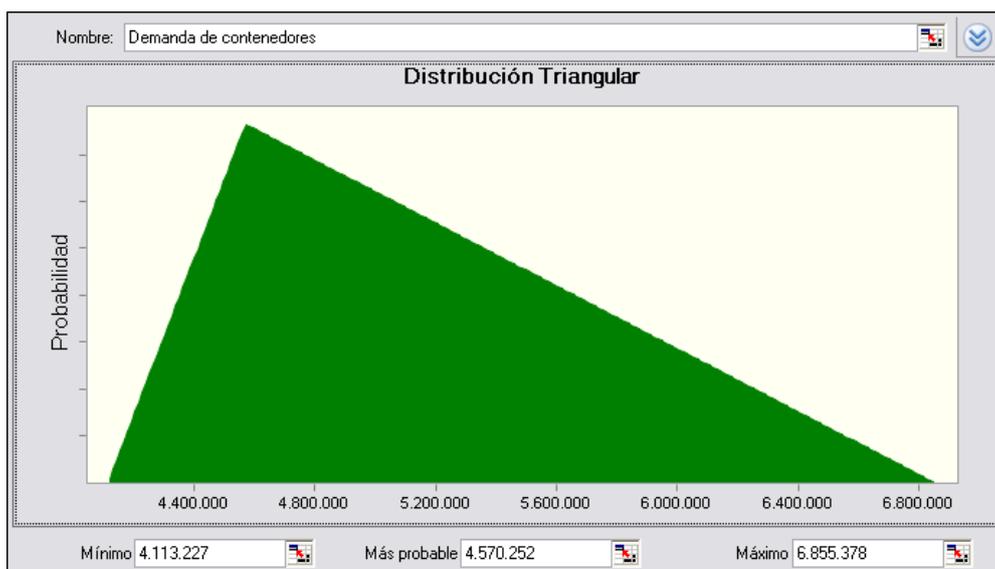


Gráfico 4.4 Distribución de la Demanda de contenedores

Canon de utilización

Media: 8,87

Desviación estándar: 0,89

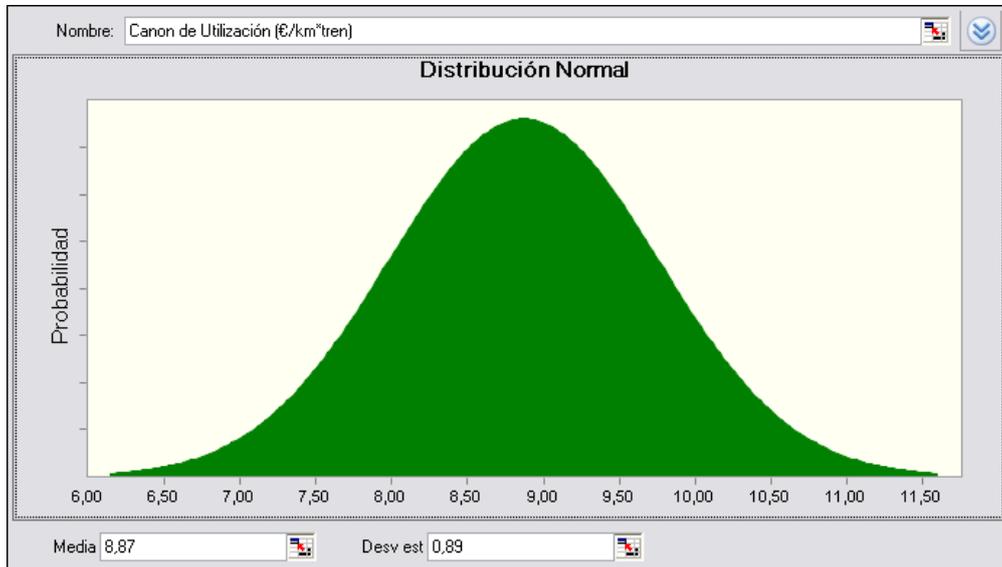


Grafico 4.5. Distribución del Canon de utilización

Una vez asignadas las funciones de probabilidad, se procede a calcular las distribuciones de probabilidad de las variables de salida. Para ello se va a realizar una simulación Monte Carlo.

La simulación Monte Carlo es una técnica cuantitativa que utiliza el muestreo aleatorio para estimar las soluciones a problemas complejos de comportamiento aleatorios. Apoyándose en la estadística e imitando, con modelos matemáticos, el comportamiento aleatorio, trata de asignar a las entradas unos valores aleatorios que se basan en la probabilidad de cada uno de ellos para así generar unos valores de entrada con los que calcular una o varias salidas. Al repetir esto un determinado número de veces con números generados aleatoriamente una y otra vez, se simulan las salidas del modelo para una probabilidad en los valores de entrada concretos.

Si a esto le sumamos la potencia de las hojas de Excel conseguimos una herramienta de simulación muy avanzada.

Al usar Crystal Ball con las hojas de cálculo de Excel, se puede describir todo un rango de valores posibles para cada celda con incertidumbre, y con cada variación se obtiene un supuesto del que se tiene información completa.

Los valores aleatorios de dichas celdas se pueden representar gráficamente donde se observan los resultados posibles y la probabilidad de cada uno. Por ejemplo, el

siguiente grafico muestra la distribución de la variable “Contenedores transportados por el corredor”.

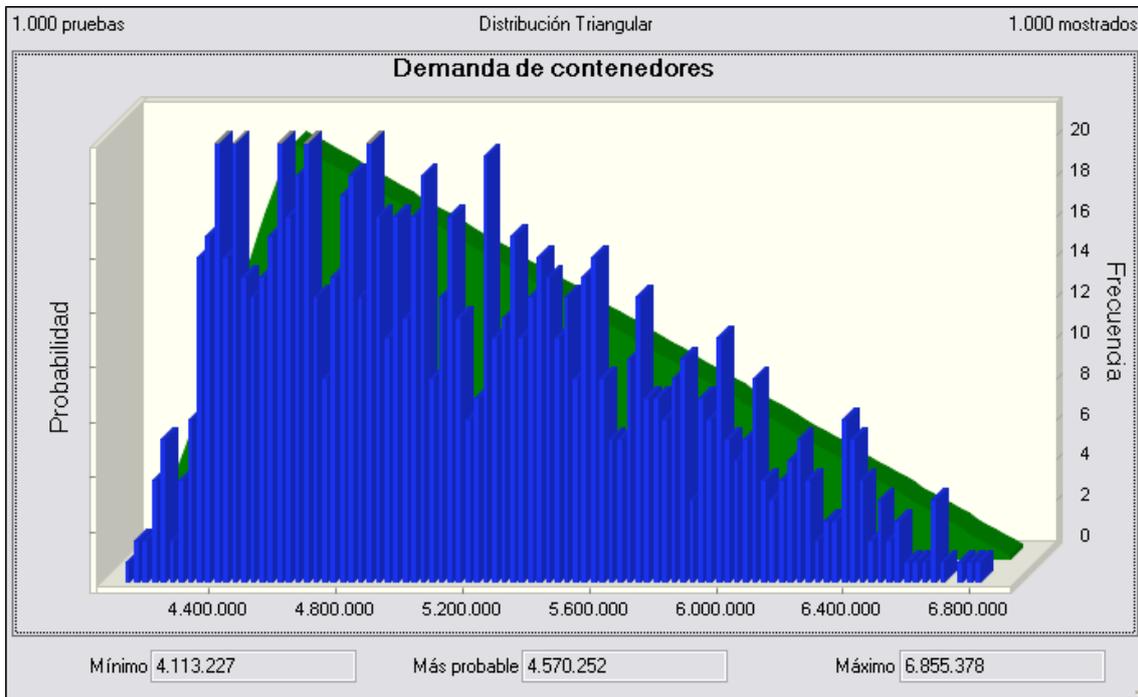


Gráfico 4.6. Datos de entrada simulados para la demanda de contenedores

En esta simulación se han realizado mil pruebas, de manera que se genera un valor aleatorio para cada una de las tres variables, dentro de los valores posibles de sus distribuciones de probabilidad, realizando el cálculo del modelo de la tabla de Excel para obtener los valores de las dos salidas.

Con los resultados obtenidos con la simulación se pueden mostrar la probabilidad de que las salidas tomen cada valor, obteniendo el resultado buscado, la incertidumbre o la probabilidad de las salidas. En este caso los valores de las salidas son los siguientes:

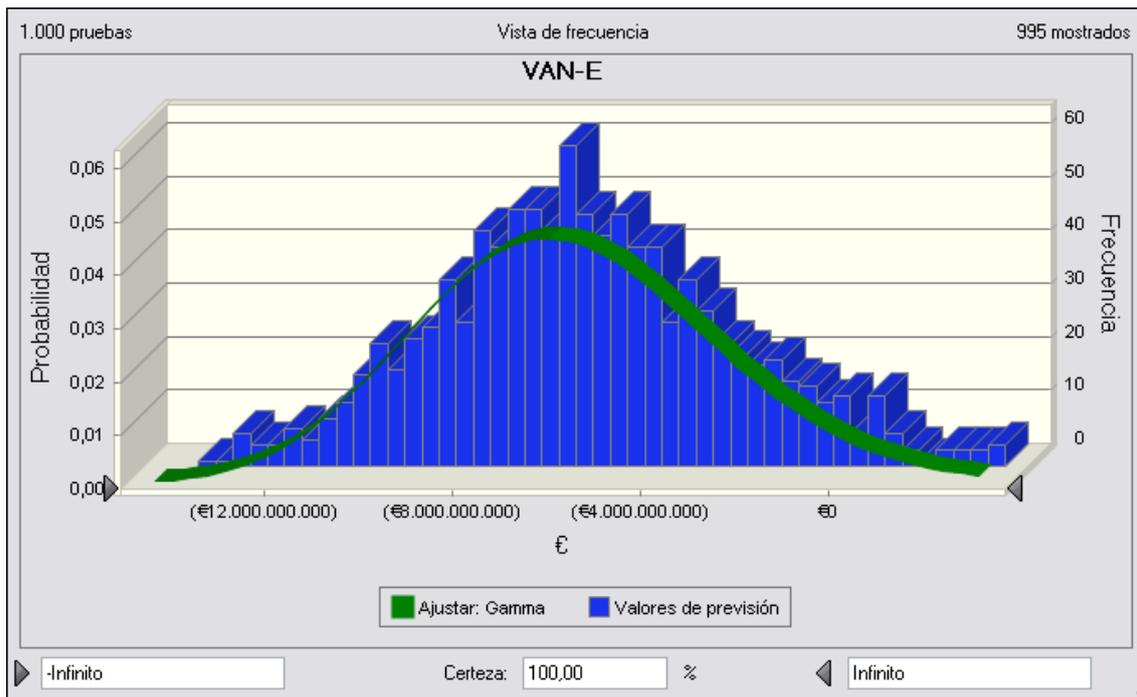


Gráfico 4.7. Resultados de la simulación para el VAN-E

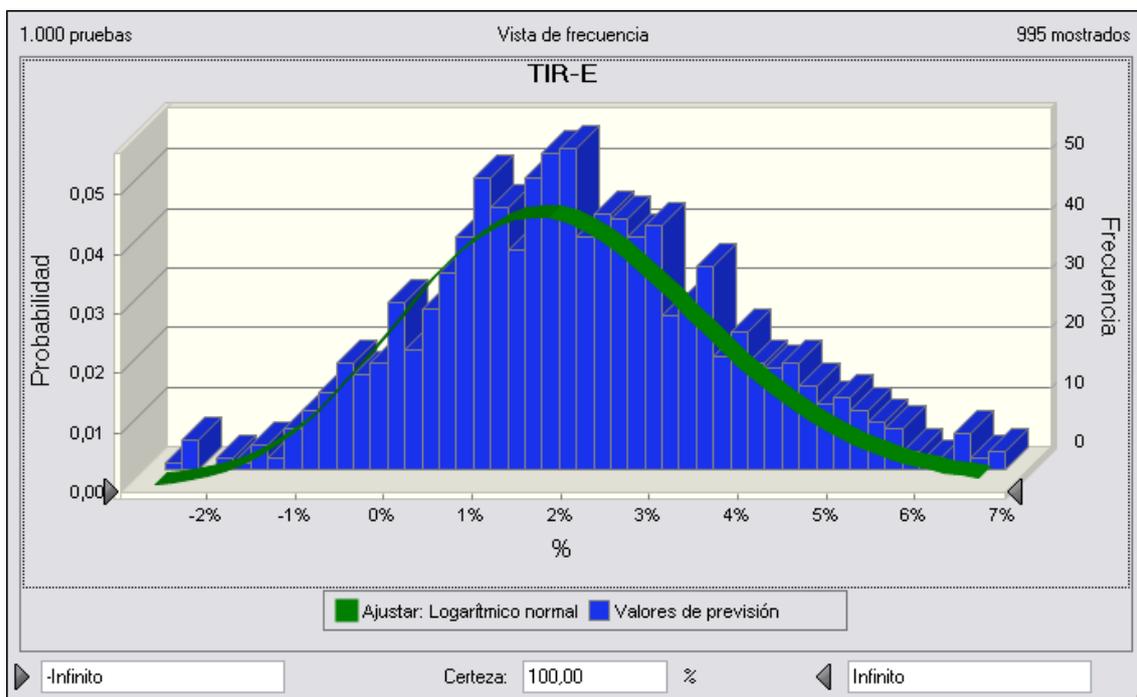


Gráfico 4.8. Resultados para la simulación de la TIR-E

Como podemos observar la simulación ajusta los resultados a la distribución probabilística más parecida, aunque no siempre los resultados se ajustan a la perfección a la grafica sugerida.

En nuestro caso los resultados obtenidos del VAN-E se corresponden con una distribución Gamma, y los obtenidos para la TIR-E con una Logarítmico normal.

Además, la curva de probabilidad acumulada permite ver el grado de riesgo de un proyecto para un valor crítico. En este proyecto se considera que el valor critico de la TIR-E va ser del 0% por tratarse de una obra acometida por el Estado.

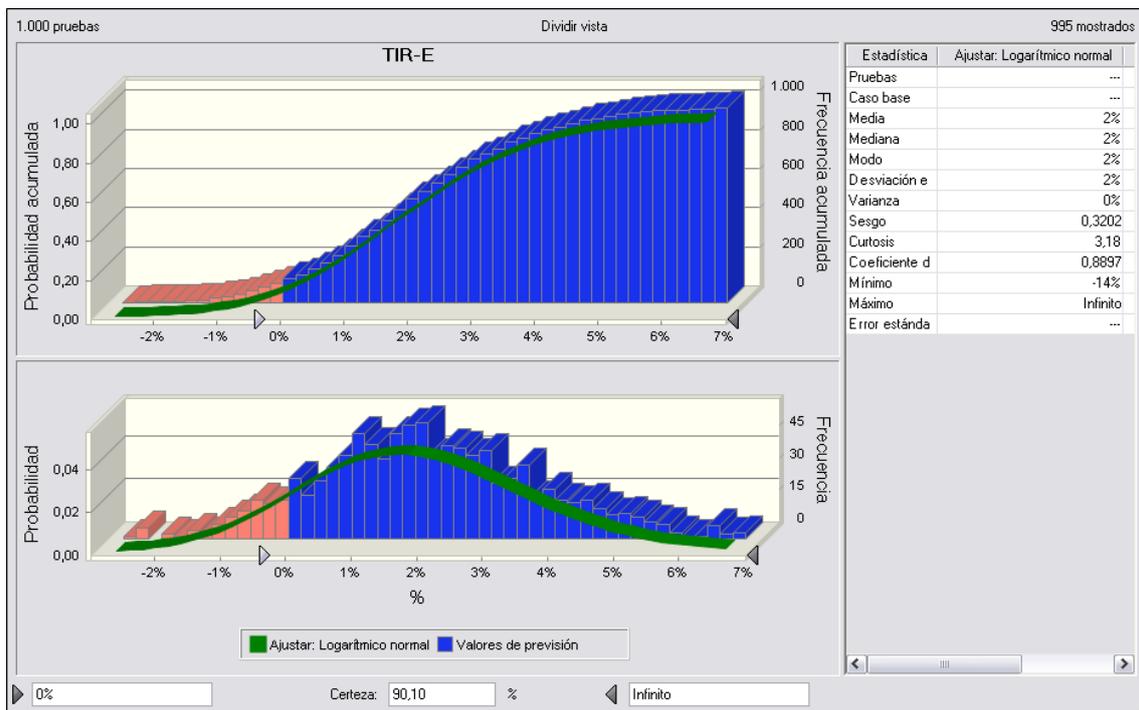


Gráfico 4.9. Información completa de la salida TIR-E

En este caso se obtiene que la probabilidad de que la TIR sea mayor que 0% es de un 90,10%. Además en este tipo de grafica se obtiene toda la información estadística de esta salida.

Otra característica interesante que se puede observar en esta herramienta son los gráficos de dispersión de todos los valores de cada prueba para variables que están relacionadas.

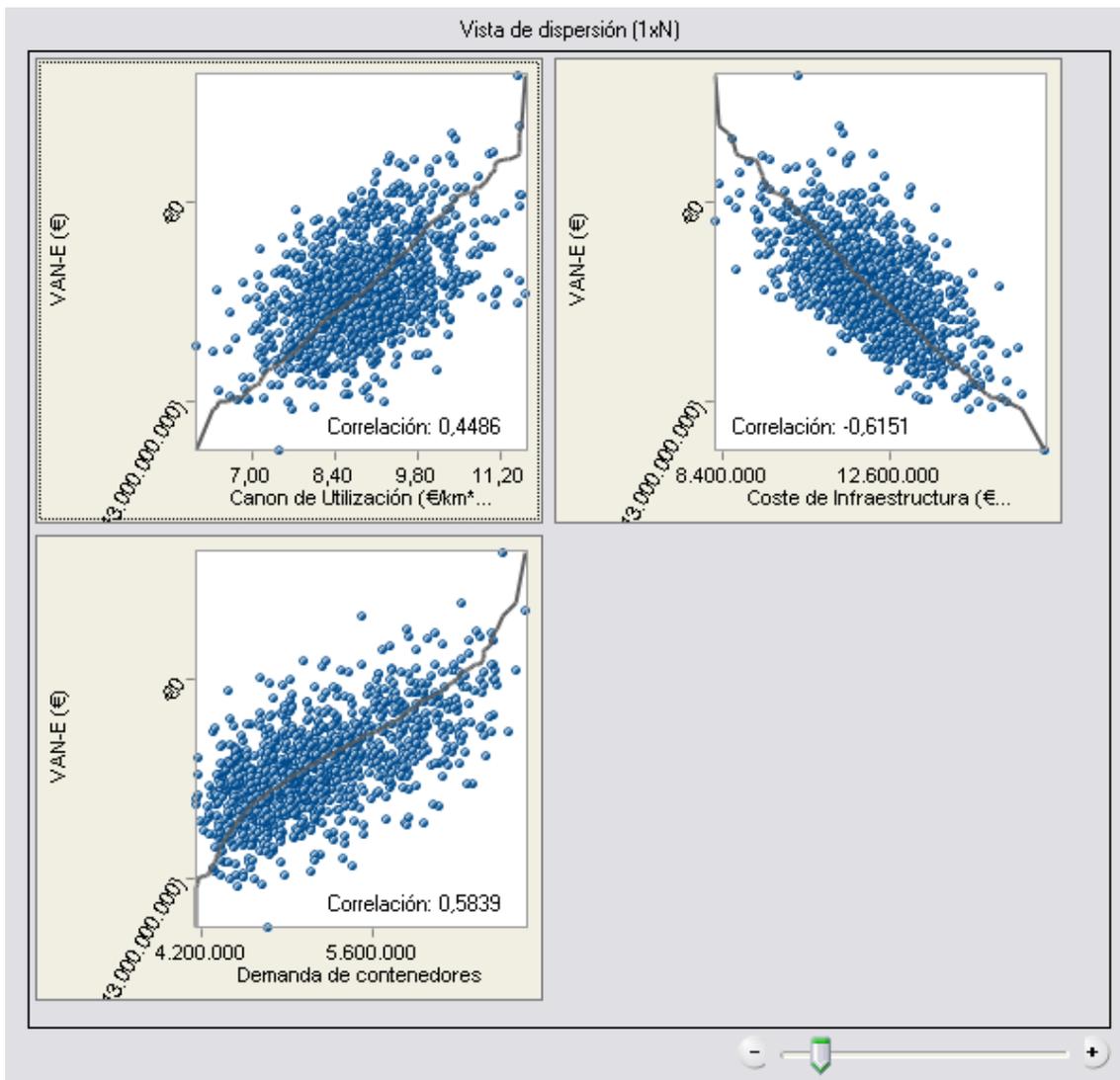


Gráfico 4.10. Gráficos de dispersión del VAN con respecto a las tres entradas

En el gráfico mostrado podemos observar la correlación entre la salida, VAN-E, y las tres variables de entrada. Podemos observar, como ya nos anticipo en el análisis de sensibilidad de las variables, que la que más correlación muestra es el coste de la infraestructura. Las otras dos variables se puede observar que están un poco más dispersas, aun así también muestran bastante correlación.

En cambio si generamos los gráficos para la TIR-E observamos que la que mayor correlación presenta es la demanda de los contenedores.

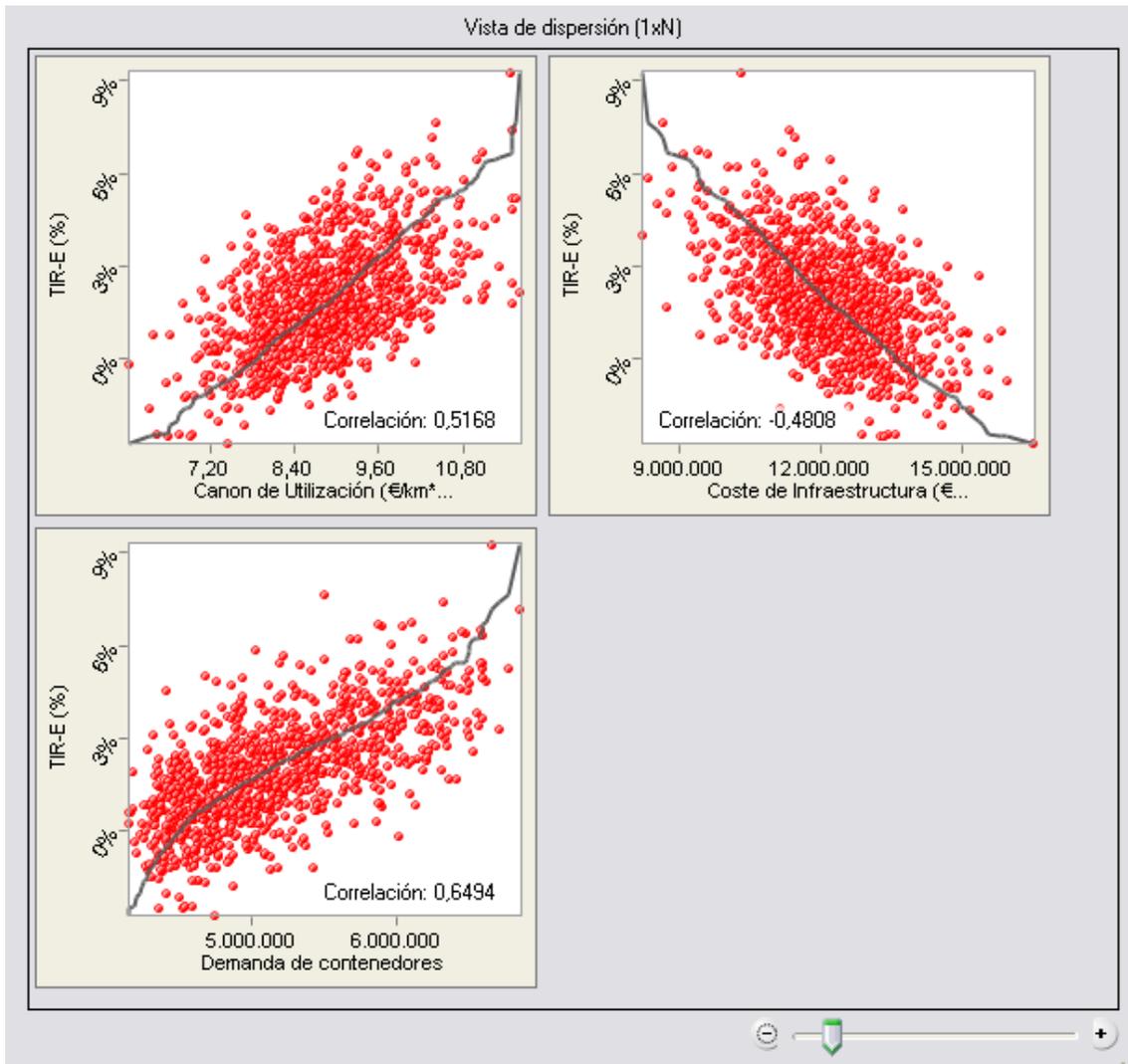


Gráfico 4.11. Gráficos de dispersión del TIR con respecto a las tres entradas

4.5. Interpretación de los resultados

Como se ha podido observar en los resultados obtenidos, el proyecto no es rentable económicamente. El alto coste de la infraestructura hace prácticamente imposible obtener rentabilidad de este proyecto para los volúmenes de desplazamientos estimados. A continuación se muestran los resultados obtenidos en la simulación de nuestro modelo en Excel:

	Caso Base	Mediana	Max	Min
VAN-E	-7.555.820.860	-5.714.358.888	3.266.087.490	-14.086.652.977
TIR-E	0,76%	2,00%	7,00%	-3,00%

Tabla 4.12. Resumen salidas simulación

Según los resultados obtenidos con la simulación existe una certeza de 3,75% de que el VAN económico sea mayor que cero, y por tanto el proyecto sea rentable.

Estos resultados a primera vista sugieren que acometer dicho proyecto parezca una locura, pero como ya se ha venido comentado en anteriores ocasiones existe otro tipo de VAN, el VAN global. Este es el resultante de haber aplicado las tres etapas de la aplicación del análisis coste-beneficio, y cuyo valor, y de los otros indicadores financieros, fueron:

RENTABILIDAD ESPERADA	
VAN a 30 años	108.018.179.884 €
TIR a 30 años	123%
PAY-BACK	0,82 años

Tabla 4.13 Rentabilidad Esperada

A primera vista parece una cifra desorbitada, y es que en este caso el beneficio social obtenido con la evaluación de las externalidades es de tal magnitud que le da la vuelta por completo al proyecto. Estos resultados son de vital importancia a la hora de decidir si llevar a cabo el proyecto. El hecho de que este tipo de proyectos son llevados a cabo por el propio estado, hace que la parte del beneficio global tenga mayor peso a la hora de decidir.

Por tanto los resultados de esta aplicación de análisis coste beneficio sugieren que el proyecto sería beneficioso para todo el conjunto de la sociedad.

5. CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS

5.1. Conclusiones

Las conclusiones de la aplicación de análisis coste beneficio al proyecto del Corredor del Mediterráneo, a efectos prácticos, son las alcanzadas en la interpretación de los resultados realizada en el apartado anterior.

Como se pudo observar económicamente se trata de un proyecto que no es rentable, pero que visto desde el punto de vista de un Gobierno o la sociedad en sí, se trata de un proyecto beneficioso.

Pero lo realmente interesante de este proyecto no es alcanzar la decisión final de acometer o no el proyecto, sino la aplicación de la metodología del análisis coste beneficio en sí.

El análisis coste beneficio es una herramienta muy útil para valorar el impacto social de un proyecto, independientemente de la envergadura del mismo. Por muy pequeño o grande que sea, o bien o mal justificado en cuanto a indicadores económicos se refiera, puede tener otras consecuencias socialmente hablando.

A menudo el coste de realización de este tipo de análisis no se ve recompensado con la información que se recibe de él, pero la ejecución asidua de este tipo de estudios puede llegar a reducir su coste considerablemente. Eso se consigue siguiendo de manera sistemática los pasos que propone esta metodología y utilizando indicadores conocidos de los precios sombra.

Uno de los problemas es que en España no existen muchos estudios sobre tablas de factores de conversión de precios, de valoración de externalidades o tablas de precios en frontera.

Otro factor a tener en cuenta es que los resultados de este tipo de análisis están sujetos a una correcta aplicación del mismo, para lo cual es imprescindible objetividad a la hora de valorar las externalidades, de manera que si se hace una selección sesgada de los datos a tomar, solo obtendremos un estudio parcial que apoye una posición concreta según otros intereses.

Además no solo consiste en identificar los pros o contras que afectan al analista, la clave está en determinar los efectos que benefician o perjudican con independencia de quienes son los beneficiarios o perjudicados. Teniendo en cuenta que el beneficiario del proyecto es la sociedad en su conjunto.

Realizar una comparación entre proyectos muy distintos o tener en cuenta impactos difícilmente cuantificables, pueden conducir a pensar que el análisis coste beneficio no es muy útil o que el esfuerzo dedicado no compensa con la información obtenida. Como respuesta a esa idea, la siguiente argumentación de Little y Mirrless (1990):

Los beneficios de realizar un análisis coste beneficio son inmensamente mayores que sus costes. El rechazar y aceptar proyectos de inversión, es decir, fundamentar la elección de alternativas disponibles de inversión en infraestructuras para el futuro, produce beneficios sociales que convierten en ridículos los costes de aplicar el conjunto de procedimientos de análisis coste beneficio establecidos.

Esto justifica una labor poco reconocida consistente en conseguir los mejores datos para cada proyecto específico y un esfuerzo de inversión en investigación para obtener los parámetros nacionales clave (valores del tiempo, valor de los accidentes, impactos negativos sobre el medio ambiente, etc.).

5.2. Líneas futuras

Una propuesta que serviría de mucha ayuda para la continuación de este tipo de análisis sería la creación de bases de datos de coeficiente de conversión para el cálculo de los precios sombra, en función de cada lugar de aplicación ya que no tienen la misma repercusión en unas zonas que en otras. No supone el mismo beneficio la creación de puestos de trabajo en una zona con una alta tasa de desempleo que una con dicha tasa baja.

También sería interesante mejorar o estandarizar los procedimientos de valoración de las externalidades, que algunos caso son muy complicados de contabilizar económicamente. Lo cual en proyectos futuros no solo mejorará los resultados sino que abaratará los costes del análisis.

Estos avances supondrían mejoras considerables en el campo de análisis coste beneficio, y mejoras a hora de tomar decisiones entre proyectos que afectan al conjunto de la economía, lo cual supone un beneficio para la sociedad en general.

6. BIBLIOGRAFIA

- ADIF. Estrategias Ferroviarias Europeas. (2009)
- ADIF. Actualización Declaración sobre la Red 2014.
- Coto-Millán, Casares-Hontañón y otros. Rentabilidad social de las inversiones públicas: Análisis Coste Beneficio del AVE Madrid-Valencia. (2012)
- De Rus Mendoza, Ginés. Análisis coste-beneficio. Evaluación económica de políticas y proyectos de inversión.(2004)
- Fundación BBVA. El transporte ferroviario de alta velocidad. (2009)
- Guía del análisis de coste-beneficios de proyectos de inversión. (2003)
- INFRAS/IWW. (2004). *External Costs of Transport*. Karlsruhe.
- Ministerio de Fomento. Plan estratégico para el impulso del transporte ferroviario de mercancías en España. (2010)
- Ministerio de Fomento. Estrategia Logística de España. (2013)
- Ministerio de Fomento. Observatorio del Ferrocarril en España. (2011)
- Ministerio de Fomento. Corredor Ferroviario Mediterráneo.(2012)
- Perez-Beato de Cos, Manuel. Impulso del transporte de mercancías por ferrocarril.(2010)
- Salado Benítez, Francisco Juan. Estudio de los costes totales, incluyendo externalidades, del AVE. Aplicación al caso de Barcelona-Madrid y comparación con otros modos de transporte. (2010)
- Siles Barrera, David. Análisis Coste Beneficio Aplicado a un Proyecto de un Parque Eólico.(2012)
- Souto Nieves, Guadalupe. Los precios sombra en España a partir del análisis input-output. (2002)
- www.ferropedia.es

7. Anexos